

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-201998

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

F02D 45/00  
 F02D 9/02  
 F02D 11/10  
 F02D 29/00  
 F02D 41/04  
 F02D 41/06  
 F02D 41/08  
 F02D 43/00

(21)Application number : 2001-299558

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 28.09.2001

(72)Inventor : YAGI TOYOJI

(30)Priority

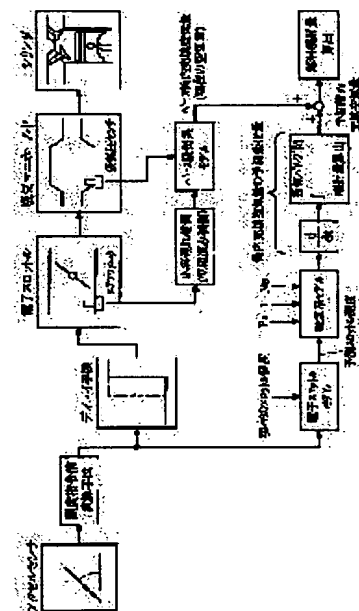
Priority number : 2000342369 Priority date : 06.11.2000 Priority country : JP

## (54) CONTROLLER OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the accuracy in operating the amount of the air charged in a cylinder in transition.

**SOLUTION:** An opening command value is determined corresponding to an accelerator operation amount or the like during the operation of an engine, and the output timing of the opening command value is delayed by a predetermined delay time. An estimated variation of a throttle opening is operated by an electronic throttle valve on the basis of the opening command value before delay, the estimated variation is added to the present throttle opening (the output of the throttle opening sensor) to determine an estimated throttle opening at an intake valve closing timing. Then the estimated amount of the air charged in the cylinder is temporarily operated by the intake system model on the basis of the estimated throttle opening, and the obtained amount is differentiated and integrated to operate the estimated variation of the amount of the air charged in the cylinder. The estimated variation is added to the amount of the air charged in a base cylinder operated by a base intake system model to determine the final estimated amount of the air charged in the cylinder (the amount of the air in the cylinder determined at the intake valve closing timing).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.10.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the internal combustion engine having the electronic throttle system which drives a throttle valve with a throttle actuator and controls throttle opening An opening command value operation means to calculate an opening command value based on an accelerator control input etc., A delay means to delay the timing which outputs the opening command value calculated with said opening command value operation means to said throttle actuator, A throttle opening prediction means to predict subsequent throttle opening before the delay output of this opening command value based on the opening command value before making it delayed with said delay means, and said electronic throttle system response delay property, A restoration air content prediction means in a cylinder to predict the restoration air content in a cylinder based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on the restoration air content in a cylinder predicted with said restoration air content prediction means in a cylinder.

[Claim 2] Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 characterized by predicting the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, adding to the restoration air content in a base cylinder which calculated this variation based on the current operation parameter, and predicting the restoration air content in a cylinder.

[Claim 3] Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 2 characterized by to predict the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing using the inhalation-of-air system model which applied the conservation of mass to the inhalation air which considers that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and flows a throttle passage air content and a throttle down-stream path in integrating the variation of the output of this inhalation-of-air system model to intake valve close timing.

[Claim 4] The formula which calculates a throttle passage air content with said inhalation-of-air system model is [Equation 1].

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$  : 吸気圧 $P_m$ と大気圧 $P_a$ の比で決まる物理値

$$A = \pi r^2(1 - \cos^2 \theta)$$

$r$  : スロットルバルブの半径[m]

$\theta$  : スロットル開度

In case it is alike, and is set up and said restoration air content prediction means in a cylinder calculates said throttle passage air content,  $f(P_m/P_a)$  is  $P_m/P_a$ . It is the control unit of the internal combustion engine according to claim 3 characterized by computing from the table made into a parameter and computing  $\mu \cdot A$  from the table which makes throttle opening a parameter.

[Claim 5] The table of  $f(P_m/P_a)$  used for the operation of said throttle passage air content It is set as an  $f(P_m/P_a)$  = negative value at the time of  $f(P_m/P_a) = 0$   $P_m/P_a > 1$  at the time of  $f(P_m/P_a)$  = forward value  $P_m/P_a = 1$  at the time of  $P_m/P_a < 1$ . Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 4 characterized by having a means to equalize the operation value of said inhalation-of-air system model.

[Claim 6] Said delay means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 5 characterized by setting the time delay of an opening command value as the time amount which deducted the dead time of said electronic throttle system from the time amount from the operation timing of the fuel oil consumption of a certain gas column to the intake valve close timing of the gas column concerned.

[Claim 7] Said delay means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 6 characterized by outputting without delaying said opening command value when the time amount from the operation timing of the fuel oil consumption of a certain gas column to the intake valve close timing of the gas column concerned becomes shorter than the dead time of said electronic throttle system.

[Claim 8] Said delay means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 7 characterized by outputting without delaying said opening command value when an automatic transmission corresponds to either of the neutral conditions at the inside of the predetermined time immediately after starting, and the time of idle operation at the time of starting.

[Claim 9] Said throttle opening prediction means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 8 characterized by predicting the throttle opening after an opening command value delay output using the electronic throttle model containing the lag unit and rate limiter more than primary [ which considers the opening command value before making it delayed with said delay means as an input ].

[Claim 10] Said throttle opening prediction means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 9 characterized by predicting the variation of the throttle opening to intake valve close timing using said electronic throttle model, adding this variation to current throttle opening, and predicting the throttle opening of intake valve close timing.

[Claim 11] Said fuel-oil-consumption operation means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 10 characterized by having a means to amend fuel oil consumption according to operational status, and switching the correction factor to fuel oil consumption by the time of the load effect by accelerator actuation, and the case of being other.

[Claim 12] In the internal combustion engine having the electronic throttle system which drives a throttle valve with a throttle actuator and controls throttle opening An opening command value operation means to

calculate an opening command value based on an accelerator control input etc., A throttle opening prediction means to predict the throttle opening of intake valve close timing based on the opening command value calculated with said opening command value operation means, and said electronic throttle system response delay property, A restoration air content prediction means in a cylinder to predict the restoration air content in a cylinder based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on the restoration air content in a cylinder predicted with said restoration air content prediction means in a cylinder.

[Claim 13] Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 12 characterized by predicting the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, adding to the restoration air content in a base cylinder which calculated this variation based on the current operation parameter, and predicting the restoration air content in a cylinder.

[Claim 14] A restoration air content operation means in a base cylinder to calculate the restoration air content in a base cylinder based on a current operation parameter, The inhalation-of-air system model which applied the conservation of mass to the inhalation air which considers that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and flows a throttle passage air content and a throttle down-stream path is used. A variation prediction means to predict the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on the variation of the output of this inhalation-of-air system model, A restoration air content prediction means in a cylinder to add the variation predicted with said variation prediction means to the restoration air content in a base cylinder calculated with said restoration air content operation means in a base cylinder, and to predict the restoration air content in a cylinder, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on the restoration air content in a cylinder predicted with said restoration air content prediction means in a cylinder.

[Claim 15] An intake-air-flow detection means to detect the flow rate of the inhalation air which flows an internal combustion engine's inhalation-of-air path, The inhalation-of-air system model which simulated the behavior of inhalation air until the inhalation air which passed the throttle valve flows in a cylinder is used. It has an operation means to input the output of said intake-air-flow detection means into this inhalation-of-air system model, and to calculate the restoration air content in a cylinder which is the output of this inhalation-of-air system model. The time constant of said inhalation-of-air system model The control unit of the internal combustion engine characterized by setting air content change as a small value so that a twist may also actually appear at an early stage.

[Claim 16] A means to presume the current restoration air content in a cylinder based on current throttle opening, A throttle opening prediction means to predict future throttle opening, and a means to predict the future restoration air content in a cylinder based on said future throttle opening, A means to add to the restoration air content in a base cylinder which calculated the deflection of said future restoration air content in a cylinder, and said current restoration air content in a cylinder based on the current operation parameter, and to calculate the final restoration air content in a prediction cylinder, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on said final restoration air content in a prediction cylinder.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the control unit of the internal combustion engine which improved the operation approach of an internal combustion engine's restoration air content in a cylinder.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to correspond to the exhaust-gas purification regulation which becomes severer future still, it is necessary to make highly precise Air Fuel Ratio Control (fuel-injection control), to calculate the air content (restoration air content in a cylinder) with which it fills up in an engine cylinder with a sufficient precision for that purpose, and to set up the proper fuel oil consumption corresponding to the restoration air content in a cylinder. The operation approach of current and the restoration air content in a cylinder currently generally used detects an intake air flow with the air flow meter installed in the upstream of a throttle valve, and is divided roughly into the method (mass flow method) which calculates the restoration air content in a cylinder from the detection value, and the method (speed density method) which detects an intake pressure by the intake-pressure sensor, and calculates the restoration air content in a cylinder from an intake pressure and an engine speed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the timing which the restoration air content in a cylinder decides is intake valve close timing ended like an inhalation-of-air line, and the timing which computes fuel oil consumption is a front [ timing / intake valve close ] (it is because it is necessary to perform fuel injection before intake valve close timing to make an injection fuel inhale in a cylinder). Even if it computes the restoration air content in a cylinder by which approach of the conventional mass flow method mentioned above and a speed density method, therefore, to a transient The restoration air content in a cylinder changes from the calculation timing of fuel oil consumption before intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder). Consequently, the ratio (air-fuel ratio) of the actual restoration air content in a cylinder and the fuel quantity which flows in a cylinder shifts from a target air-fuel ratio, and there is a fault that the Air Fuel Ratio Control precision of a transient worsens.

[0004] This invention is made in consideration of such a situation, therefore the purpose is in offering the control unit of the internal combustion engine which can raise the Air Fuel Ratio Control precision of a transient.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention predicts the throttle opening of intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder), predicts the restoration air content in a cylinder based on the prediction throttle opening, and calculates fuel oil consumption based on the restoration air content in a prediction cylinder. Here, the change of the restoration air content in a cylinder of the reason using throttle opening as a parameter which predicts the restoration air content in a cylinder is mainly because change of throttle opening is generated as the origin and change of the restoration air content in a cylinder can be predicted with a sufficient response from change of throttle opening to a transient.

[0006] It becomes possible to predict the throttle opening of intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder) by delaying moderately the timing which outputs an opening command value to a throttle actuator with a delay means in the internal combustion engine having the electronic throttle system which drives a throttle valve with a throttle actuator and controls throttle opening like claim

1. Under the present circumstances, what is necessary is just to predict subsequent throttle opening before the delay output of this opening command value based on the opening command value before making it

delayed with a delay means, and an electronic throttle system response delay property, since response delay (dead time) exists in actuation of an electronic throttle system. It can become possible to predict the throttle opening of intake valve close timing with a sufficient precision, and to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision from the prediction throttle opening by this, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0007] By the way, the approach of predicting the restoration air content in a cylinder from prediction throttle opening has the advantage that the responsibility of a transient is good, but on the other hand it has the inclination for the forecast at the time of a stationary to shift from an actual value by dispersion in an electronic throttle system, aging, a service condition, etc. Moreover, at the time of a stationary, since the restoration air content in a cylinder does not change, the restoration air content in a cylinder calculated based on current operation parameters (an intake air flow, intake pressure, etc.) is in agreement with the restoration air content in a cylinder decided to subsequent intake valve close timing.

[0008] Then, it is good to predict the variation (a part for transient change) of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on prediction throttle opening, to add to the restoration air content in a base cylinder which calculated this variation based on the current operation parameter, and to predict the restoration air content in a cylinder like claim 2. If it does in this way, it will become possible to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision by both the time of a stationary, and the transient.

[0009] Furthermore, it is good to predict the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing using the inhalation-of-air system model which applied the conservation of mass to the inhalation air which considers like claim 3 that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and flows a throttle passage air content and a throttle down-stream path in integrating the variation of the output of this inhalation-of-air system model to intake valve close timing. By using such an inhalation-of-air system model, the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing can be predicted with a sufficient precision by comparatively easy data processing.

[0010] In this case, the formula which calculates a throttle passage air content with an inhalation-of-air system model is good like claim 4 to use a degree type.

[0011]

[Equation 2]

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$  :  $P_m/P_a > 1$  のとき  $f(P_m/P_a) = \text{負の値}$

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

$r$  : スロットルバルブの半径[m]

$\theta$  : スロットル開度

[0012] In case a throttle passage air content is calculated,  $f(P_m/P_a)$  is  $P_m/P_a$ . It computes from the table made into a parameter, and you may make it compute  $\mu \cdot A$  from the table which makes throttle opening a parameter. Thereby, data processing of an inhalation-of-air system model type becomes very easy.

[0013] Like claim 5, furthermore, the table of  $f(P_m/P_a)$  It is good to set it as an  $f(P_m/P_a) = \text{negative value}$  at the time of  $f(P_m/P_a) = 0$   $P_m/P_a > 1$  at the time of  $f(P_m/P_a) = \text{forward value}$   $P_m/P_a = 1$  at the time of  $P_m/P_a < 1$ , and to equalize the operation value of an inhalation-of-air system model. If  $f(P_m/P_a)$  is set to  $f(P_m/P_a) = 0$  at the time of  $P_m/P_a > 1$  although it does not become a negative value physically so that it may mention

later, they are  $Pm/Pa$ . There is an inclination which the operation value of an inhalation-of-air system model vibrates, and hunting generates at the time of heavy load operation changed in the one neighborhood. This cause is  $Pm/Pa$ . They are [ that the rate of change of  $f(Pm/Pa)$  becomes large in the field of the one neighborhood, and ] operation top  $Pm/Pa$  at the time of heavy load operation. Since  $f(Pm/Pa)$  is guarded by 0 whenever it becomes one or more, it is because change of  $f$  at the time of heavy load operation ( $Pm/Pa$ ) becomes irregular.

[0014] As this cure, it is  $f(Pm/Pa) = \text{negative a value}$ , then  $Pm/Pa$  like claim 5 at the time of  $Pm/Pa > 1$ . At the time of heavy load operation changed in the one neighborhood, change of  $f(Pm/Pa)$  will become regular. For this reason, by equalizing the operation value of an inhalation-of-air system model, the operation value of the inhalation-of-air system model at the time of heavy load operation can be stabilized, and hunting can be prevented.

[0015] moreover, time delay  $Tdly$  of the opening command value delayed with a delay means like claim 6 Time amount  $Tinj$  from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of the fuel oil consumption of a certain gas column to the intake valve close timing of the gas column concerned from -- it is good to set it as the time amount ( $Tdly = Tinj - Tth$ ) which deducted the dead time  $Tth$  of an electronic throttle system. It is the time delay  $Tdly$  of an opening command value so that the throttle opening of intake valve close timing may be made in agreement with prediction throttle opening, if it does in this way. It can set up and the operation of prediction throttle opening becomes easy.

[0016] In this case, the dead time  $Tth$  of an electronic throttle system is the time amount  $Tinj$  from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption to intake valve close timing, although it does not change even if a throttle drive rate changes. It becomes so short that an engine speed becomes high rotation. For this reason, at the time of high rotation, it is the time amount  $Tinj$  from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. There is a possibility of becoming shorter than the dead time  $Tth$  of an electronic throttle system.

[0017] This point is taken into consideration and it is the time amount  $Tinj$  from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing like claim 7. When becoming shorter than the dead time  $Tth$  of an electronic throttle system, it is good to make it output without delaying an opening command value. If it does in this way, while not performing useless throttle delay control at the time of high rotation, the throttle responsibility at the time of high rotation can also be raised.

[0018] Moreover, like claim 8, when an automatic transmission corresponds to either of the neutral conditions in the predetermined time immediately after starting at the time of idle operation at the time of starting, it is good to make it output without delaying an opening command value. The time of starting, and immediately after starting, essentially, since engine rotation is unstable, when throttle delay control by which an opening command value is delayed is performed, there is a possibility that engine rotation fluctuation may become still larger. Moreover, at the time of idle operation, in order for idle rotational-speed control (ISC) to operate and to carry out feedback control of the idle rotational speed, when throttle delay control is performed, there is a possibility that idle rotational-speed control may interfere with throttle delay control, and idle rotation may become unstable. Moreover, since an operator may perform racing (an engine carrying out a fore blow) when an automatic transmission is in a neutral condition, when it is in a neutral condition and throttle delay control is performed, the start of an engine speed is overdue at the time of racing activation, and there is a possibility that accelerator responsibility and acceleration nature may impress an operator with it being bad.

[0019] Therefore, if it is made not to perform throttle delay control like claim 8 when it is the operational status in which the bad influence by throttle delay control appears (at the time [ At the time / At the time of starting / of idle operation ] of a neutral), the bad influence by throttle delay control can be lost.

[0020] Moreover, in case the throttle opening after the delay output of this opening command value is predicted like claim 9 using the opening command value before making it delayed with a delay means, it is good to predict throttle opening using the electronic throttle model containing the lag unit and rate limiter more than primary [ which considers the opening command value before making it delayed as an input ]. Although it is generally difficult to carry out physical modeling of this at a precision since an electronic throttle system has complicated structure By simulating an electronic throttle system response delay property with the lag unit more than primary, and simulating the marginal property of the drive rate of a throttle valve by the rate limiter Even if it can build the easy electronic throttle model of data processing and does not high-performance-ize especially CPU of an electronic throttle system, the prediction operation of throttle opening is attained.

[0021] Moreover, a throttle opening forecast may shift from an actual value by dispersion in an electronic

throttle system, aging, a service condition, etc. Then, the variation of the throttle opening to intake valve close timing is predicted using an electronic throttle model, and this variation is added to current throttle opening, and you may make it predict the throttle opening of intake valve close timing like claim 10. If it does in this way, it will become possible to lessen the throttle opening prediction error by the above-mentioned cause, and to predict throttle opening with a sufficient precision.

[0022] Moreover, in case fuel oil consumption is amended according to operational status, you may make it switch the correction factor to fuel oil consumption like claim 11 by the time of the load effect by accelerator actuation, and the case of being other. That is, since this invention can predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision to the load effect by accelerator actuation, it can lessen amendment to fuel oil consumption. However, since the load effect by the time of shifting an automatic transmission from a neutral range to a drive range, power steering, a brake, an air-conditioner, etc. cannot be predicted from an accelerator control input, it is desirable to make [ many ] amendment to fuel oil consumption to these load effects.

[0023] Therefore, if the correction factor to fuel oil consumption is switched like claim 11 by the time of the load effect by accelerator actuation, and the case of being other, amendment of fuel oil consumption can be rationalized according to the cause of a load effect.

[0024] Although invention concerning claims 1-11 explained above was made to perform throttle delay control, based on the opening command value and electronic throttle system response delay property which were calculated based on the accelerator control input etc., the throttle opening of intake valve close timing is predicted, and you may make it predict the restoration air content in a cylinder like claim 12 based on this throttle opening, without performing throttle delay control. Even if such, it can become possible to predict throttle opening using the dead time of an electronic throttle system, and to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision from the prediction throttle opening, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0025] It is good to add to the restoration air content in a base cylinder which predicted the variation (a part for transient change) of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing like claim 13 based on prediction throttle opening, and calculated this variation also in this case based on the current operation parameter, and to predict the restoration air content in a cylinder. If it does in this way, it will become possible to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision by both the time of a stationary, and the transient.

[0026] Although claims 1-13 explained above apply this invention to an internal combustion engine with an electronic throttle system In the case of the mechanical throttle system which interlocks throttle opening with accelerator actuation mechanically Like claim 14, while calculating the restoration air content in a base cylinder based on a current operation parameter The inhalation-of-air system model which considers that throttle opening is an orifice and calculates a throttle passage air content from current throttle opening etc. is used. Based on the variation of the output of this inhalation-of-air system model, the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing is predicted, this variation is added to the restoration air content in a base cylinder, the restoration air content in a cylinder is predicted, and you may make it calculate fuel oil consumption based on this restoration air content in a cylinder. Also in the case of a mechanical throttle system, if it does in this way, the operation precision of the restoration air content in a cylinder can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0027] Moreover, although the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from throttle opening was used in above-mentioned claims 1-14, when using the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from the output (inhalation air content) of an intake-air-flow detection means (air flow meter), it is good like claim 15 for air content change to actually set the time constant of an inhalation-of-air system model as a small value also for a twist so that it may appear at an early stage. Thus, if the time constant of an inhalation-of-air system model is made small, the effectiveness same since change of the restoration air content in a cylinder calculated with the inhalation-of-air system model actually appears at an early stage also in a twist as predicting the future restoration air content in a cylinder will be acquired. Thereby, the operation precision of the restoration air content in a cylinder of a transient can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0028] By the way, at claim 2 and claim 13 which were mentioned above, although the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing was predicted based on prediction throttle opening, since operation parameters, such as engine rotational speed, change after predicting the variation of the restoration air content in a cylinder based on prediction throttle opening before [ intake valve close



timing ], the predictability of the restoration air content in a cylinder falls to a transient under the effect. [0029] As this cure, like claim 16, while presuming the current restoration air content in a cylinder based on current throttle opening Predict future throttle opening and the future restoration air content in a cylinder is predicted based on future throttle opening. The deflection (equivalent to the prediction variation of the restoration air content in a cylinder) of said future restoration air content in a cylinder, and said current restoration air content in a cylinder It adds to the restoration air content in a base cylinder calculated based on the current operation parameter, the final restoration air content in a prediction cylinder is calculated, and you may make it calculate fuel oil consumption based on this final restoration air content in a prediction cylinder. If it does in this way, the prediction variation of the restoration air content in a cylinder can be calculated with a sufficient precision from deflection with the restoration air content in a cylinder by which the present was presumed to be a future restoration air content in a cylinder, and the predictability of the restoration air content in a cylinder can be improved. Because, the current restoration air content in a presumed cylinder is because information, such as the newest engine speed, is taken into consideration. (In claim 2 grade, it is the variation of the forecast of the restoration air content in a cylinder, and the value which becomes origin is calculated in the past.)

[0030]

[Embodiment of the Invention] <<operation gestalt (1)>> The operation gestalt (1) of this invention is hereafter explained based on drawing 1 thru/or drawing 19 .

[0031] First, based on drawing 1 , the outline configuration of the whole control system of the engine 11 which is an internal combustion engine is explained. The upstream of the inlet pipe 12 of an engine 11 is equipped with an air cleaner 13, and the air flow meter 14 which measures an inhalation air content is installed in the downstream. The supply current to a heat ray is controlled so that this air flow meter 14 keeps constant the temperature gradient of the temperature of a heat ray and the intake-air temperature which the heat ray (not shown) and intake-air-temperature sensing element (not shown) which are arranged in the flow of inhalation air are built in, and are cooled with inhalation air. According to the heat release of a heat ray which changes according to an intake air flow, the supply current to a heat ray changes by this, and the voltage signal according to this supply current is outputted as an intake-air-flow signal.

[0032] A throttle valve 15 is formed in the downstream of this air flow meter 14, and the motors 17 (throttle actuator), such as a DC motor, are connected with rotation shaft 15a of this throttle valve 15. And the opening (throttle opening) of a throttle valve 15 is controlled by driving force of this motor 17, and this throttle opening is detected by the throttle opening sensor 18.

[0033] In this case, throttle opening is controlled by driving force of a motor 17, the inhalation air content at the time of idle operation is controlled by it also at the time of idle operation, and it carries out feedback control so that an engine speed may be made in agreement with target idle rotational speed. The throttle control at the time of this idle operation is idle rotational-speed control (ISC). In addition, idle rotational-speed control prepares an idle rotational-speed control bulb (ISC bulb) in the bypass path which bypasses a throttle valve 15, and it controls the opening of this idle rotational-speed control bulb, and you may make it control a bypass air content (inhalation air content at the time of idle operation) at the time of idle operation.

[0034] On the other hand, the intake-pressure sensor 16 which detects an intake pressure is installed in the downstream of a throttle valve 15. Moreover, a fuel injection valve 20 is attached in the inlet manifold 19 which introduces into each gas column of an engine 11 the inhalation air which passed the throttle valve 15, and the ignition plug 21 is attached in the cylinder head of each gas column of an engine 11. The periphery of the signal rotor 23 attached in the crankshaft 22 of an engine 11 is countered, the crank angle sensor 24 is installed, the pulse of the engine rotation speed signal Ne outputted from this crank angle sensor 24 is incorporated by the electronic control unit (ECU) 25, and an engine speed is detected by the generating frequency of this engine rotation speed signal Ne.

[0035] On the other hand, the amount of treading in of an accelerator pedal 26 (accelerator control input) is detected by the accelerator sensor 27, and the voltage signal according to this accelerator control input is incorporated by the electronic control unit 25 through A/D converter 28. Moreover, the output of an air flow meter 14, the intake-pressure sensor 16, and the various sensors of throttle opening sensor 18 grade is also incorporated by the electronic control unit 25 through A/D converter 28.

[0036] It is performing the various programs for throttle control which this electronic control unit's 25 is constituted considering the microcomputer equipped with CPU29, ROM30, and RAM31 grade as a subject, and are memorized by ROM30 by CPU29. At the time of the usual throttle control, feedback control of the motor 17 is carried out by PID control etc. through the motorised circuit 32 according to the opening

command value (target throttle opening) set up based on the accelerator control input etc. Throttle opening is controlled by driving force of this motor 17 to an opening command value. In addition, all over the energization way from the motorised circuit 32 to a motor 17, the safety circuit 46 which consists of a relay etc. is formed, at the time of the abnormalities of an electronic throttle system, this safety circuit 46 operates and the energization to a motor 17 is intercepted.

[0037] Furthermore, this electronic control unit 25 is performing each routine of drawing 10 memorized by ROM30 thru/or drawing 18 by CPU29. While performing throttle delay control mentioned later, the throttle opening of intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder) is predicted. The restoration air content in a cylinder is predicted based on the prediction throttle opening, fuel oil consumption is calculated based on the restoration air content in a prediction cylinder, the injection pulse of the pulse width according to the result of an operation is outputted to the drive circuit 45, and the injection time (fuel oil consumption) of a fuel injection valve 20 is controlled.

[0038] The operation approach of the fuel oil consumption by this electronic control unit 25 is explained based on drawing 2 thru/or drawing 9. Drawing 2 is the block diagram showing the outline of the prediction approach of throttle delay control and the restoration air content in a cylinder. During engine operation, an accelerator control input is detected by the accelerator sensor 27, and an opening command value (target throttle opening) is set up by the map etc. according to an accelerator control input etc. with an opening command value operation means. This opening command value is predetermined time Tdly with a delay means. It is delayed and is outputted to the motorised circuit 32 of an electronic throttle system. time delay Tdly of this opening command value it is shown in drawing 3 -- as -- time amount Tinj from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of the fuel oil consumption TAU of a certain gas column to the intake valve close timing of the gas column concerned from -- it is set as the time amount (Tdly = Tinj - Tth) which deducted the dead time Tth of an electronic throttle system.

[0039] In this case, the dead time Tth of an electronic throttle system is the time amount Tinj from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing, although it does not change even if a throttle drive rate changes. It becomes so short that an engine speed becomes high rotation. For this reason, at the time of high rotation, it is the time amount Tinj from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. There is a possibility of becoming shorter than the dead time Tth of an electronic throttle system.

[0040] This point is taken into consideration and it is the time amount Tinj from the operation timing of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing at this operation gestalt (1). When becoming shorter than the dead time Tth of an electronic throttle system, it outputs without delaying an opening command value.

[0041] Opening command value phitotal before making it delayed with a delay means on the other hand It is inputted into an electronic throttle model. This electronic throttle model consists of the electronic throttle dynamic-model section and variation operation part, as shown in drawing 4. while this electronic throttle dynamic-model section simulates an electronic throttle system response delay property with a second-order lag element [ $\omega^2/(s^2+2\zeta\omega s+\omega^2)$ ] -- the marginal property of the drive rate of a throttle valve 15 -- a rate limiter -- simulating -- opening command value phitotal before delay from -- prediction throttle opening thetfa It calculates. Two integral elements (1-/s) of a second-order lag element are rectangle integrals. In addition, in order to simplify data processing, it may replace with a second-order lag element, and a first order lag element may be used.

[0042] Moreover, the variation operation part of an electronic throttle model consists of a derivative element (d/dt) and an integral element (integral), is a derivative element (d/dt), and is the sampling time Ts of the output (prediction throttle opening) of the electronic throttle dynamic-model section. It asks for the difference of a between, and it is integrating an integral element (integral) with this difference, and prediction variation deltatheta of throttle opening is calculated. Under the present circumstances, the time amount which integrates an integral element (integral) with difference is the time amount Tinj from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing. It is the larger one of the dead time Tth of an electronic throttle system. Thereby, prediction variation deltatheta of the throttle opening outputted from variation operation part becomes the prediction variation of the throttle opening to intake valve close timing (or after dead-time Tth progress).

[0043] An electronic throttle model adds prediction variation deltatheta of the throttle opening outputted from variation operation part to the current throttle opening theta (output of the throttle opening sensor 18), and is prediction throttle opening thetfa of intake valve close timing (or after dead-time Tth progress). It asks and is this prediction throttle opening thetfa. It outputs to an inhalation-of-air system model.

[0044] As this inhalation-of-air system model is shown in drawing 5, it consists of prediction throttle passage air content operation part, prediction intake-pressure operation part, and the restoration air content operation part in a prediction cylinder, and prediction throttle passage air content operation part considers that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and calculates the prediction throttle passage air content  $G_{in}$  from prediction throttle opening etc. moreover, prediction intake-pressure operation part -- the prediction throttle passage air content  $G_{in}$  to prediction intake pressure  $P_m$  calculating -- the restoration air content operation part in a prediction cylinder -- prediction intake pressure  $P_m$  from -- the restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder is calculated. Prediction throttle passage air content operation part is expressed with the formula of the following orifice.

[0045]

[Equation 3]

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a) \quad \text{----(1)}$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta) \quad \text{----(2)}$$

$r$  : スロットルバルブの半径[m]

$\theta$  : スロットル開度

$$P_m \leq \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1} \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}} \quad \text{----(3)}$$

$$P_m > \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \left\{ \left( \frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left( \frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right\}} \quad \text{----(4)}$$

$\kappa$  : 比熱比

[0046] Here,  $f(P_m/P_a)$  is  $P_m/P_a$ , in order to simplify data processing, although you may calculate by the upper type. It is good to compute from the table made into a parameter. The table of  $f(P_m/P_a)$  is expressed with a curve as shown in drawing 6 when maximum is normalized as 1. Since this  $f(P_m/P_a)$  does not become a negative value physically so that clearly from the above-mentioned (3) formula and (4) types, it has been set as  $f(P_m/P_a) = 0$  in the example of drawing 6 at the time of  $P_m/P_a > 1$ .

[0047] However, when it is made  $f(P_m/P_a) = 0$  at the time of  $P_m/P_a > 1$ , there is an inclination which the operation value (the throttle passage air content  $G_{in}$ , the prediction intake pressure  $P_m$ , and restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder) of an inhalation-of-air system model vibrates, and hunting generates at the time of heavy load operation to which  $P_m/P_a$  is changed in the one neighborhood as shown in drawing 8. This cause is  $P_m/P_a$ . Since  $f(P_m/P_a)$  is guarded by 0 whenever  $P_m/P_a$  becomes one or more on an operation at the time of heavy load operation for the rate of change of  $f(P_m/P_a)$  to become large in the field of the one neighborhood, it is because change of  $f$  at the time of heavy load operation ( $P_m/P_a$ ) becomes irregular.

[0048] As this cure, with this operation gestalt (1), the table of  $f(P_m/P_a)$  is set up, as shown in drawing 7. That is, it is set as an  $f(P_m/P_a) = \text{negative value}$  at the time of  $f(P_m/P_a) = 0$   $P_m/P_a > 1$  at the time of  $f(P_m/P_a)$

= forward value  $P_m/P_a = 1$  at the time of  $P_m/P_a < 1$ . Thereby, the table of  $f(P_m/P_a)$  serves as a symmetrical change property which \*\* reverses bordering on  $P_m/P_a = 1$ .

[0049] If the table of  $f(P_m/P_a)$  of a change property like drawing 7 is used, change of  $f(P_m/P_a)$  will become regular at the time of heavy load operation to which  $P_m/P_a$  is changed in the one neighborhood. For this reason, by equalizing the operation value (the throttle passage air content  $G_{in}$ , the prediction intake pressure  $P_m$ , or restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder) of an inhalation-of-air system model, as shown in drawing 9, the output (restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder) of the inhalation-of-air system model at the time of heavy load operation can be stabilized, and hunting can be prevented.

[0050] Intake pressure  $P_m$  inputted into prediction throttle passage air content operation part Although the last prediction intake pressure  $P_m(i-1)$  calculated by prediction intake-pressure operation part is used, you may make it use the output of the intake-pressure sensor 16.

[0051] Moreover, with this operation gestalt (1), although the throttle opening effective sectional area  $A$  used for the operation of the prediction throttle passage air content  $G_{in}$  may compute the throttle opening  $\theta$  by substituting it for the aforementioned (2) formula, in order to simplify data processing, multiplication value  $\mu \cdot A$  of a flow coefficient  $\mu$  and the throttle opening effective sectional area  $A$  is computed from the table which makes prediction throttle opening a parameter.

[0052] Next, prediction intake pressure  $P_m$  The operation approach of the restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder is explained. If the law of conservation of mass is applied to the flow of the inhalation air which flows the inhalation-of-air path (henceforth a "throttle down-stream inhalation-of-air path") from a throttle valve 15 to the inlet of an engine 11, the relation expressed with the following (5) types will be obtained.

$$d/dt-Q_m = G_{in} - G_{cf} \dots (5)$$

Here, it is  $Q_m$ . The air content in a throttle down-stream inhalation-of-air path, and  $d/dt-Q_m$  A prediction throttle passage air content and  $G_{cf}$  of the variation of the air content in a throttle down-stream inhalation-of-air path and  $G_{in}$  are the restoration air contents in a prediction cylinder.

[0053] Moreover, if a gaseous equation of state is applied to a throttle down-stream inhalation-of-air path, the relation expressed to the following (6) equations will be obtained.

$$G_{cf} = \eta \cdot (N_e/2) \cdot V_c \cdot (Q_m/VIM) \dots (6)$$

$\eta$ : Volumetric efficiency  $N_e$ : Engine speed  $V_c$ : Cylinder-capacity  $VIM$ : Content volume of a throttle down-stream inhalation-of-air path [0054] Here, volumetric efficiency  $\eta$  is the engine speed  $N_e$  which is a parameter with an intake air flow and a correlation in order to change with intake air flows. Intake pressure  $P_m$  It is based and is set up on a map etc.  $P_m$  used here It is the last value  $P_m$  of a prediction intake pressure ( $i-1$ ).

$$\eta = f(N_e \text{ and } P_m)$$

[0055] Moreover, model time constant  $\tau_{IM}$  of an inhalation-of-air system model is expressed with the following (7) types.

$$\tau_{IM} = 2 \cdot VIM / (V_c \text{ and } \eta \cdot N_e) \dots (7)$$

The following (8) types are drawn from the above-mentioned (5) - (7) type.

$$d/dt-Q_m = G_{in} - Q_m / \tau_{IM} \dots (8)$$

[0056] The above-mentioned (8) formula is discretized as follows, in order to be able to carry out data processing of this with an electronic control unit 25, since it is continuous system.

$$\{Q_m(i) - Q_m(i-1)\} / T_s = G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM} \dots (9)$$

Here, it is  $T_s$ . It is the sampling time.

[0057] If this (9) type is arranged, it is the air content  $Q_m$  in a throttle down-stream inhalation-of-air path. Operation expression is drawn as follows.

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\} \cdot T_s + Q_m(i-1) \text{ [kg]} \dots (10)$$

[0058] moreover -- if a gaseous equation of state is applied to a throttle down-stream inhalation-of-air path - air content  $Q_m$  in a throttle down-stream inhalation-of-air path from -- prediction intake pressure  $P_m$  The equation to calculate is drawn as follows.

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / VIM \text{ [Pa]} \dots (11)$$

$R$ : Gas constant  $T$ : the above-mentioned (10) formula and (11) types are used for the prediction intake-pressure operation part of an intake-air-temperature inhalation-of-air system model, and it is the prediction intake pressure  $P_m$ . It calculates.

[0059] The operation expression of the restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder expressed with the following (12) types is drawn from the above-mentioned (11) formula and (6) types.

$G_{cf} = \eta_a - V_c - P_m / (2 \text{ and } R - T) \text{ [kg/rev] } \dots (12)$

The restoration air content operation part in a prediction cylinder of an inhalation-of-air system model calculates the temporary restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder using the above-mentioned (12) formula.

[0060] As shown in drawing 2, it is inputted into a derivative element (d/dt), the difference between the sampling times  $t_s$  is called for, and the difference integrates an integral element (integral) with the output (temporary restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder) of an inhalation-of-air system model. the reset time -- time amount  $T_{inj}$  from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing it is . The value with which the integral element (integral) was integrated is prediction variation  $\Delta G_c$  of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing. It becomes a value considerable the bottom and is this prediction variation  $\Delta G_c$ . It adds to the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder calculated with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content  $G_c$  (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated.

[0061] Next, the operation approach of the restoration air content in a base cylinder is explained. This restoration air content in a base cylinder is a current restoration air content in a cylinder calculated based on the output (intake air flow) of an air flow meter 14. Therefore, the variation of the restoration air content in a cylinder by change of the throttle opening from current to intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder) is not contained in this restoration air content in a base cylinder.

Although there is an advantage that the operation precision of the restoration air content in a cylinder at the time of a stationary is good since the method of calculating the restoration air content in a cylinder generally serves as a restoration air content in an intake-air-flow = cylinder from the output of an air flow meter 14 at the time of a stationary Since the response delay (for example, response delay according [ the case of the air flow meter 14 of a heat type ] to the own heat mass of the sensor section of an air flow meter 14) of an air flow meter 14 exists, a transient has the fault that the responsibility of a transient is bad.

[0062] So, with this operation gestalt (1), in order to raise the responsibility of a transient, the response delay of the output of an air flow meter 14 is compensated with a response delay compensator (phase-lead-compensation element), the output of this response delay compensator is inputted into a base inhalation-of-air system model, and the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder which is the output of this base inhalation-of-air system model is calculated. The transfer function of this base inhalation-of-air system model is expressed with the following first-order-lag type.

$G_{base} = 1 / (1 + \tau_{IM} s)$ , output  $\tau_{IM}$  of the restoration air-content  $G_{dlay}$ : response delay compensator in a  $G_{dlay} G_{base}$ : base cylinder: Time constant [0063] Time constant  $\tau_{IM}$  of this base inhalation-of-air system model is expressed with a degree type.

$\tau_{IM} = 2 \text{ and } VIM / (V_c \text{ and } \eta_a - N_e)$

content volume  $V_c$  of the inhalation-of-air path of the VIM: throttle downstream : cylinder capacity  $\eta_a$ : -- volumetric efficiency  $N_e$ : an engine speed -- engine speed  $N_e$  which is a parameter with an intake air flow and a correlation here since volumetric efficiency  $\eta_a$  changes with intake air flows Based on an intake pressure  $P$  (output of the intake-pressure sensor 16), it is set up on a map etc.

[0064] Prediction variation  $\Delta G_c$  of the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder calculated with such a base inhalation-of-air system model, and the restoration air content in a cylinder calculated from prediction throttle opening etc. It integrates, the final restoration air content  $G_c$  (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated, and it is this restoration air content  $G_c$  in a prediction cylinder. Fuel oil consumption is set up according to an engine speed etc.

[0065] The function of each block of drawing 2 explained above is realized by each routine of drawing 10 thru/or drawing 18. Hereafter, the contents of processing of each routine are explained to a detail.

[0066] The main routine of [main routine] drawing 10 is performed a predetermined period after ON of an ignition switch. Opening command value  $\phi_{total}$  set up according to the accelerator control input etc. when this routine was started, the throttle delay control routine of drawing 11 mentioned later was performed at step 100 and the execution condition of throttle delay control was satisfied first Predetermined time  $T_{dly}$  Throttle delay control to delay is performed. Then, the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 12 which progresses to step 200 and is mentioned later is performed, and the restoration air content  $G_c$  (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated.

[0067] Then, it progresses to step 300, a basic injection-quantity operation routine (not shown) is performed, and it is the restoration air content  $G_c$  in a prediction cylinder. Engine speed  $N_e$  It responds and is the basic

injection quantity  $T_p$  by a map etc. It calculates. Then, it is the basic injection quantity  $T_p$  about various kinds of correction factors  $K_c$ , such as the fuel correction factor [ as opposed to / perform the injection-quantity amendment routine of drawing 18 which progresses to step 400 and is mentioned later, and / a load effect ]  $K_{load}$  (acceleration-and-deceleration correction factor), an air-fuel ratio feedback correction factor, and a water temperature correction factor. Multiplication is carried out and final fuel oil consumption is calculated.

[0068] The throttle delay control routine of [throttle delay control-routine] drawing 11 is a subroutine performed at step 100 of the main routine of drawing 10 . If this routine is started, first, it responds to an accelerator control input (output of the accelerator sensor 27) etc. at step 101, and is opening command value  $\phi_{itotal}$ . It sets up. under the present circumstances, opening command value  $\phi_{itotal}$  Demand opening  $\phi_{ipedal}$  according to an accelerator control input Demand opening  $\phi_{iisc}$  by idle rotational-speed control (ISC) etc. -- it integrates and asks for various demand opening.

$\phi_{itotal} = \phi_{ipedal} + \phi_{iisc}$  [0069] Processing of this step 101 plays a role of an opening command value operation means as used in the field of a claim.

[0070] Then, it progresses to step 102 and judges whether throttle delay control prohibition conditions are satisfied. it is that the time of that it is predetermined within a time [ immediately after the time of \*\* starting or starting ] as throttle delay control prohibition conditions here, for example and \*\* idle operation or an accelerator control input is small, that \*\* automatic transmission is in a neutral condition, etc., if there are conditions which correspond at least one of these conditions, throttle delay control prohibition conditions will be satisfied, and when other, throttle delay control prohibition conditions become abortive.

[0071] The time of starting, and immediately after starting, since engine rotation is unstable, when throttle delay control is performed essentially, there is a possibility that engine rotation fluctuation may become still larger. Moreover, at the time of idle operation, in order for idle rotational-speed control (ISC) to operate and to carry out feedback control of the idle rotational speed, when throttle delay control is performed, there is a possibility that idle rotational-speed control may interfere with throttle delay control, and idle rotation may become unstable. Moreover, since an operator may perform racing (an engine carrying out a fore blow) when an automatic transmission is in a neutral condition, when it is in a neutral condition and throttle delay control is performed, the start of an engine speed is overdue at the time of racing activation, and there is a possibility that accelerator responsibility and acceleration nature may impress an operator with it being bad.

[0072] So, with this operation gestalt (1), the bad influence by throttle delay control is lost by forbidding throttle delay control, when it is the operational status in which the bad influence by throttle delay control appears (at the time [ At the at the time of idle operation immediately after starting ] of a neutral). [ At the time of starting ]

[0073] If judged with throttle delay control prohibition conditions being satisfied at step 102, throttle delay control will be forbidden, and it will progress to step 103, and will output to the motorised circuit 32, without delaying current (newest) opening command value  $\phi_{itotal}$  (i).

[0074] On the other hand, at step 102, if judged with throttle delay control prohibition conditions being abortive, throttle delay control will be carried out as follows by processing after step 104. First, it is opening command value  $\phi_{itotal}$  at step 104. Time delay  $T_{dly}$  It determines. under the present circumstances, time delay  $T_{dly}$  it is shown in drawing 3 -- as -- time amount  $T_{inj}$  from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing from -- it is set as the time amount ( $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ) which deducted the dead time  $T_{th}$  of an electronic throttle system. However, time amount  $T_{inj}$  from the operation timing of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing When becoming shorter than a dead time  $T_{th}$  (in the case of  $T_{inj} - T_{th} < 0$ ), it is a time delay  $T_{dly}$ . It is referred to as 0.

[0075] Then, it progresses to step 105 and is a time delay  $T_{dly}$ . The inner number  $C_{dly}$  of samplings It calculates by the degree type.

$C_{dly} = T_{dly} / T_s$  -- here --  $T_s$  It is the sampling time.

[0076] Then, it progresses to step 106 and is a time delay  $T_{dly}$  from current. The inner number  $C_{dly}$  of samplings Opening command value  $\phi_{itotal}$  (i- $C_{dly}$ ) calculated before is outputted to the motorised circuit 32. thereby -- opening command value  $\phi_{itotal}$  output timing -- time delay  $T_{dly}$  only -- you make it delayed Processing of these steps 102-106 plays a role of a delay means as used in the field of a claim.

[0077] The restoration air content operation routine in a prediction cylinder of [restoration air content operation routine in prediction cylinder] drawing 12 R> 2 is a subroutine performed at step 200 of the main routine of drawing 11 , and plays a role of a restoration air content operation means in a prediction cylinder as used in the field of a claim.

[0078] If this routine is started, first, at step 201, the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13 mentioned later will be performed, and the prediction intake pressure  $P_m$  (intake pressure of intake valve close timing) will be calculated. Then, it progresses to step 202 and is the prediction intake pressure  $P_m$ . It uses and is the restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder (i) by the degree type. It calculates.

$$G_{cf}(i) = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \text{ and } R \cdot T) \text{ [kg/rev]}$$

$\eta$ : Volumetric efficiency  $V_c$ : Cylinder-capacity  $R$ : gas constant  $T$ : Intake-air temperature [0079] Then, it progresses to step 203 and judges whether throttle delay control prohibition conditions are satisfied by the same approach as step 102 of drawing 11. It progresses to step 204 from step 203, without carrying out throttle delay control, when throttle delay control prohibition conditions are satisfied, and is prediction variation  $\Delta G_c$  of the restoration air content in a cylinder from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. It is set as 0.

[0080] On the other hand, when throttle delay control prohibition conditions are abortive, throttle delay control is carried out by the throttle delay control routine of drawing 11, and it progresses to step 205 from step 203, and is the prediction time amount  $T_{inj}$ . The inner number  $C_p$  of samplings It calculates by the degree type.

$C_p = T_{inj} / T_s$  -- here -- prediction time amount  $T_{inj}$  the time amount from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing -- it is --  $T_s$  It is the sampling time.

[0081] Then, it progresses to step 206 and is prediction variation  $\Delta G_c$  of the restoration air content  $G_{cf}$  in a cylinder from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. It calculates by the degree type.

$\Delta G_c = G_{cf}(i) - G_{cf}(i - C_p)$  -- here --  $G_{cf}(i)$  this restoration air content in a prediction cylinder (that is, restoration air content in a prediction cylinder of the operation timing of intake valve close timing) -- it is --  $G_{cf}(i - C_p)$  -- current -- prediction time amount  $T_{inj}$  The inner number  $C_p$  of samplings It is the restoration air content in a cylinder (that is, restoration air content in a cylinder of the operation timing of fuel oil consumption) calculated before.

[0082] Prediction variation  $\Delta G_c$  It progresses to step 207 after an operation, the restoration air content operation routine in a base cylinder (not shown) is performed, and the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder is calculated. Under the present circumstances, the response delay of the output of an air flow meter 14 is compensated with a response delay compensator (phase-lead-compensation element), and the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder is calculated with the following transfer function using the output  $G_{dlay}$  of this response delay compensator.

$G_{base} = 1 / (1 + \tau_{IM} \cdot s)$ , and  $G_{dlay}$  -- here,  $\tau_{IM}$  is a time constant. Although the operation expression of the restoration air content in a base cylinder is expressed with the continuous system in order that an upper type may simplify explanation, an electronic control unit 25 calculates the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder using the formula discretized in the upper type.

[0083] Then, prediction variation  $\Delta G_c$  for which progressed to step 208 and this restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder was asked at the above-mentioned step 206 It adds and is the final restoration air content  $G_c$  in a prediction cylinder. It asks.

$G_c = G_{base} + \Delta G_c$  [0084] The prediction intake-pressure operation routine of [prediction intake-pressure operation routine] drawing 13 is a subroutine performed at step 201 of the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 12. If this routine is started, first, at step 211, the prediction throttle passage air content operation routine of drawing 14 mentioned later will be performed, and the prediction throttle passage air content  $G_{in}$  will be calculated. Then, the inhalation-of-air system model time constant operation routine of drawing 16  $R > 6$  which progresses to step 212 and is mentioned later is performed, and model time constant  $\tau_{IM}$  of an inhalation-of-air system model is calculated. Then, it progresses to step 213 and is the air content  $Q_m$  in a throttle down-stream inhalation-of-air path. It calculates by the degree type.

$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\}$  and  $T_s + Q_m(i-1)$  -- here --  $Q_m(i)$  -- the air content in this throttle down-stream inhalation-of-air path, the air content in the throttle down-stream inhalation-of-air path of last time [  $Q_m / (i-1)$  ], and  $T_s$  It is the sampling time.

[0085] then, the step 214 -- progressing -- air content  $Q_m$  in a throttle down-stream inhalation-of-air path from -- prediction intake pressure  $P_m$  It calculates by the degree type.

$P_m = Q_m$  and  $R \cdot T / V_{IM}$  -- here,  $R$  is [ an intake-air temperature and  $V_{IM}$  of a gas constant and  $T$  ] the content volume of a throttle down-stream inhalation-of-air path.

[0086] Then, it is the prediction intake pressure  $P_m$  by progressing to step 215 and computing the average of this prediction intake pressure  $P_m(i)$  and the last prediction intake pressure  $P_m(i-1)$ . It equalizes.

$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$  [0087] The prediction throttle passage air content operation routine of [prediction throttle passage air content operation routine] drawing 14 is a subroutine performed at step 211 of the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13. If this routine is started, the prediction throttle opening operation routine of drawing 15 mentioned later is first performed at step 221, and it is prediction throttle opening  $\theta_{taf}$  of intake valve close timing. It calculates. Then, it progresses to step 222 and atmospheric pressure  $P_a$ , an intake-air temperature  $T$ , and the last prediction intake pressure  $P_m(i-1)$  are read.

[0088] Then, it progresses to step 223 and the prediction throttle passage air content  $G_{in}$  is calculated by the degree type.

[0089]

[Equation 4]

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$  : 吸気圧 $P_m$ と大気圧 $P_a$ の比で決まる物理値

[0090] Under the present circumstances,  $\mu \cdot A$  is prediction throttle opening  $\theta_{taf}$ . Computing from the table made into a parameter,  $f(P_m/P_a)$  is  $P_m/P_a$ . It computes from the table of drawing 7 made into a parameter. Intake pressure  $P_m$  The last prediction intake pressure  $P_m(i-1)$  is used, and, as for atmospheric pressure  $P_a$  and an intake-air temperature  $T$ , the detection value of a sensor is used, respectively. In addition, atmospheric pressure  $P_a$  A standard atmosphere (fixed value) may be used.

[0091] The prediction throttle opening operation routine of [prediction throttle opening operation routine] drawing 15  $R > 5$  is a subroutine performed at step 221 of the prediction throttle passage air content operation routine of drawing 14, and plays a role of a prediction throttle opening operation as used in the field of a claim.

[0092] If this routine is started, first, it responds to an accelerator control input etc. at step 231, and is opening command value  $\phi_{itotal}$ . It sets up. under the present circumstances, opening command value  $\phi_{itotal}$  Demand opening  $\phi_{ipedal}$  according to an accelerator control input Demand opening  $\phi_{iisc}$  by idle rotational-speed control (ISC) etc. -- it integrates and asks for various demand opening.

$\phi_{itotal} = \phi_{ipedal} + \phi_{iisc}$  [0093] Then, it is opening command value  $\phi_{itotal}$  before delay by the electronic throttle dynamic-model section and variation operation part of the electronic throttle model which progresses to step 232, progresses to step 233 after reading the present throttle opening  $\theta$  detected by the throttle opening sensor 18, and is shown in drawing 4. It uses and prediction variation  $\Delta\theta$  of throttle opening is calculated. This prediction variation  $\Delta\theta$  is the time amount  $T_{inj}$  from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing. It is the prediction variation of throttle opening. However, time amount  $T_{inj}$  to intake valve close timing When shorter than the dead time  $T_{th}$  of an electronic throttle system, prediction variation  $\Delta\theta$  of the throttle opening within this dead time  $T_{th}$  is called for.

[0094] Then, it progresses to step 234, prediction variation  $\Delta\theta$  is added to the current throttle opening  $\theta$ , and it is prediction throttle opening  $\theta_{taf}$ . It asks.

$\theta_{taf} = \theta + \Delta\theta$  -- this prediction throttle opening  $\theta_{taf}$  It is the prediction throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time  $T_{th}$  progress).

[0095] The inhalation-of-air system model time constant operation routine of [inhalation-of-air system model time constant operation routine] drawing 16  $R > 6$  is a subroutine performed at step 212 of the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13. If this routine is started, first, at step 241, the



volumetric-efficiency operation routine of drawing 17 mentioned later will be performed, and volumetric efficiency  $\eta$  will be calculated. Then, it progresses to step 242 and model time constant  $\tau_{IM}$  is calculated by the degree type.

$\tau_{IM} = 2 \text{ and } VIM / (\eta - N_e [VC \text{ and } ] / 60)$

Here, VIM is the content volume (fixed value) of a throttle down-stream inhalation-of-air path, and VC. Cylinder capacity (fixed value) and  $N_e$  It is an engine speed (rpm).

[0096] The volumetric-efficiency operation routine of [volumetric-efficiency operation routine] drawing 17 is a subroutine performed at step 241 of the inhalation-of-air system model time constant operation routine of drawing 16. Starting of this routine first reads the last intake pressure  $P_m$  (i-1) and the last atmospheric pressure  $P_a$ , an intake-air temperature  $T$ , an engine speed  $N_e$ , valve timing VVT, and the cooling water temperature THW at step 151. Then, gleba product effectiveness  $\eta_{tar}$  progress to step 152, search the volumetric-efficiency map which makes a parameter  $P_m/P_a$ , an engine speed  $N_e$ , and valve timing VVT, and corresponding to the current engine operation condition It calculates and is this gleba product effectiveness  $\eta_{tar}$ . It amends with the correction value according to the cooling water temperature THW, and volumetric efficiency  $\eta$  is searched for.

[0097] The injection-quantity amendment routine of [injection-quantity amendment routine] drawing 18 is a subroutine performed at step 400 of the main routine of drawing 10, and plays a role of a fuel-oil-consumption operation means as used in the field of [ routine / (not shown) / basic injection-quantity operation ] a claim.

[0098] a \*\*\*\*\* [ whether it is a load effect (fluctuation of the restoration air content in a cylinder) by accelerator actuation at step 401, and that for example, an accelerator control input is beyond the set point first when this routine is started ] -- or it judges by whether the variation of an accelerator control input is beyond the set point. It is the small value  $K_1$  about the fuel correction factor [ as opposed to / if judged with the load effect by accelerator actuation / progress to step 402 and / a load effect (fluctuation of the restoration air content in a cylinder) ]  $K_{load}$ . It sets up. By the operation approach of the restoration air content in a cylinder of this operation gestalt (1), since this reason can predict the load effect (fluctuation of the restoration air content in a cylinder) by accelerator actuation with a sufficient precision, it is because amendment to fuel oil consumption can be lessened.

[0099] It is the large value  $K_2$  about the fuel correction factor [ as opposed to / when judged with it not being a load effect by accelerator actuation (in for example, the case of the load effect by the time of shifting an automatic transmission from a neutral range to a drive range, power steering, a brake, an air-conditioner, etc.) / progress to step 403 and / a load effect on the other hand ]  $K_{load}$ . It sets up. Since this reason cannot predict the load effect by factors other than accelerator actuation from an accelerator control input, it is because it is desirable to make [ many ] amendment to fuel oil consumption to the load effect by factors other than accelerator actuation.

[0100] After determining the fuel correction factor [ as opposed to a load effect as mentioned above ]  $K_{load}$  by step 402 or 403, it progresses to step 404 and various kinds of fuel correction factors  $K_c$  to factors other than a load effect (for example, an air-fuel ratio feedback correction factor, a water temperature correction factor, a study correction factor, etc.) are calculated, and they are the basic injection quantity  $T_p$  and the fuel correction factors  $K_{load}$  and  $K_c$  at the following step 405. And invalid injection time  $T_v$  It uses and the final fuel oil consumption (injection pulse width)  $TAU$  is calculated by the degree type.

$TAU = T_p \times K_{load} \times K_c + T_v$  [0101] An example of the behavior of the prediction throttle opening calculated by each routine explained above and the restoration air content in a prediction cylinder is shown in the timing diagram of drawing 19. under engine operation -- an accelerator control input etc. -- responding -- opening command value  $\phi_{total}$  setting up -- this opening command value  $\phi_{total}$  output timing -- time delay  $T_{dly}$  only -- you make it delayed under the present circumstances, time delay  $T_{dly}$  it is shown in drawing 3 -- as - time amount  $T_{inj}$  from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption  $TAU$  to intake valve close timing from -- it is set as the time amount ( $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ) which deducted the dead time  $T_{th}$  of an electronic throttle system. However, time amount  $T_{inj}$  from the operation timing of fuel oil consumption  $TAU$  to intake valve close timing When becoming shorter than the dead time  $T_{th}$  of an electronic throttle system (in the case of  $T_{inj} - T_{th} < 0$ ), it is a time delay  $T_{dly}$ . It is referred to as 0.

[0102] Opening command value  $\phi_{total}$  before delay It is based, prediction variation  $\Delta\theta$  of throttle opening is calculated with the electronic throttle model of drawing 4  $R > 4$ , this prediction variation  $\Delta\theta$  is added to the present throttle opening  $\theta$  (output of the throttle opening sensor 18), and it is prediction throttle opening  $\theta_{af}$  of intake valve close timing (or after dead-time  $T_{th}$  progress). It asks. And

this prediction throttle opening  $\theta_{af}$  It uses, the temporary restoration air content  $G_{cf}$  in a prediction cylinder is calculated with the inhalation-of-air system model of drawing 5 , differential / integral processing of this is carried out, and it is prediction variation  $\Delta G_c$  of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing. It calculates. This prediction variation  $\Delta G_c$  It adds to the restoration air content  $G_{base}$  in a base cylinder calculated with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content  $G_c$  (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated. Thereby, it is the restoration air content  $G_c$  in a cylinder. It can become possible to predict with a sufficient precision, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0103] <<operation gestalt (2)>> With the above-mentioned operation gestalt (1), although the delay means (refer to drawing 2 ) was made to perform throttle delay control, in the operation gestalt (2) of this invention shown in drawing 20 , a delay means is excluded, and throttle delay control is not performed, but throttle opening is predicted using the dead time  $T_{th}$  of an electronic throttle system.

[0104] With this operation gestalt (2), it outputs to the motorised circuit 32, without delaying the opening command value set up based on the accelerator control input etc. with the opening command value operation means. By the same approach as said operation gestalt (1), and with an electronic throttle model Based on an opening command value and the present throttle opening (output of the throttle opening sensor 18), the throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time  $T_{th}$  progress) is predicted. With an inhalation-of-air system model (configuration of drawing 5 ) The temporary restoration air content in a prediction cylinder is calculated from this prediction throttle opening, differential / integral processing of this is carried out, and the prediction variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing (or after dead-time  $T_{th}$  progress) is calculated. And it adds to the restoration air content in a base cylinder which calculated this prediction variation with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content in a prediction cylinder is calculated.

[0105] Also in this operation gestalt (2) explained above, it can become possible to predict throttle opening using the dead time  $T_{th}$  of an electronic throttle system, and to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision from the prediction throttle opening, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0106] <<operation gestalt (3)>> Although the above-mentioned operation gestalt (1) and (2) apply this invention to an engine with an electronic throttle system, the operation gestalt (3) shown in drawing 21 applies this invention to the engine with a mechanical throttle system which interlocks throttle opening with accelerator actuation mechanically.

[0107] With this operation gestalt (3), since an accelerator control input and real throttle opening interlock mechanically and there is no response delay of a throttle, the opening command value operation means, the delay means, and the electronic throttle model are not prepared. Although prediction throttle opening was inputted into the inhalation-of-air system model, with this operation gestalt (3), current throttle opening (output of the throttle opening sensor 18) is inputted into an inhalation-of-air system model said operation gestalt (1) and (2). The configuration of this inhalation-of-air system model is substantially [ as said operation gestalt (1) ] the same, calculates the temporary restoration air content in a prediction cylinder from current throttle opening, carries out differential / integral processing of this, and calculates the prediction variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing (or after predetermined period progress). And it adds to the restoration air content in a base cylinder which calculated this prediction variation with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content in a prediction cylinder is calculated.

[0108] Also in the case of a mechanical throttle system, if it does in this way, the operation precision of the restoration air content in a cylinder can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0109] <<operation gestalt (4)>> in said operation gestalt (1) and (2) As shown in drawing 2 and drawing 20 , based on an opening command value and the present throttle opening (output of the throttle opening sensor 18), the throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time  $T_{th}$  progress) is predicted with an electronic throttle model. With an inhalation-of-air system model Calculate the temporary restoration air content in a prediction cylinder from this prediction throttle opening, and differential / integral processing of this is carried out. After calculating the prediction variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing (or after dead-time  $T_{th}$  progress), he adds to the restoration air content in a base cylinder which calculated this prediction variation with the base inhalation-of-air system model, and is trying to calculate the final restoration air content in a prediction cylinder.

[0110] on the other hand, with the operation gestalt (4) of this invention shown in drawing 22 thru/or

drawing 25 With an electronic throttle model, the throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time Tth progress) is predicted based on an opening command value and current throttle opening (output of the throttle opening sensor 18). While calculating the future restoration air content in a cylinder (temporary restoration air content in a prediction cylinder) from this prediction throttle opening, with an inhalation-of-air system model with an inhalation-of-air system model Based on current throttle opening (output of the throttle opening sensor 18), the current restoration air content in a cylinder is calculated. The deflection (equivalent to the prediction variation of the restoration air content in a cylinder) of the future restoration air content in a cylinder, and the current restoration air content in a cylinder It adds to the restoration air content in a base cylinder calculated with the base inhalation-of-air system model, and he calculates the final restoration air content in a prediction cylinder, and is trying to calculate fuel oil consumption based on this final restoration air content in a prediction cylinder.

[0111] Except for the point of performing the same main routine as drawing 10 , and performing the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 23 at step 200 also by this operation gestalt (4), it is the same as said operation gestalt (1).

[0112] By the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 23 , the present restoration air content presumption routine in a cylinder of drawing 24 mentioned later is performed by step 500, and it is based on the present throttle opening theta (output of the throttle opening sensor 18) with an inhalation-of-air system model, and is the present restoration air content Gest in a cylinder. It calculates.

[0113] then, the future restoration air content operation routine in a cylinder of drawing 25 which progresses to step 600 and is mentioned later -- performing -- an electronic throttle model -- an opening command value and the present throttle opening theta -- being based -- throttle opening theta of intake valve close timing (or after dead-time Tth progress) predicting -- an inhalation-of-air system model -- this prediction throttle opening theta from -- the future restoration air content Gcf (temporary restoration air content in a prediction cylinder) in a cylinder is calculated.

[0114] Then, restoration air content Gest in a cylinder progress, the future restoration air content Gcf in a cylinder, and current to step 700 after progressing to step 600 and calculating the restoration air content Gbase in a base cylinder by the same approach as said operation gestalt (1) Deflection (equivalent to the prediction variation of the restoration air content in a cylinder) is added to the restoration air content Gbase in a base cylinder, and it is the final restoration air content Gc in a prediction cylinder. It asks.

$Gc = Gbase + (Gcf - Gest)$

[0115] In the present restoration air content presumption routine in a cylinder of drawing 24 , the present throttle opening theta is first read at step 501, and they are atmospheric pressure Pa, an intake-air temperature T, and an intake pressure Pm at the following step 502. It reads. Under the present circumstances, intake pressure Pm The detection value of the intake-pressure sensor 16 may be used, or the last value of the prediction intake pressure calculated at step 601 of drawing 25 mentioned later may be used.

[0116] Then, it progresses to step 503 and the present throttle passage air content Gin is calculated by the same approach as the routine of drawing 14 explained with said operation gestalt (1). Then, it progresses to step 504 and model time constant tauIM of an inhalation-of-air system model is calculated by the same approach as the routine of drawing 16 explained with said operation gestalt (1).

[0117] Then, it is the air content Qm in a throttle down-stream inhalation-of-air path with the same approach as step 213 of drawing 13 which progressed to step 505 and was explained with said operation gestalt (1). It calculates by the degree type.

$Qm(i) = \{Gin(i) - Qm(i-1) / \tau_{IM}\}$  and  $Ts + Qm(i-1)$  -- here --  $Qm(i)$  -- the air content in this throttle down-stream inhalation-of-air path, the air content in the throttle down-stream inhalation-of-air path of last time  $[Qm / (i-1)]$ , and Ts It is the sampling time.

[0118] then, the step 506 -- progressing -- air content Qm in a throttle down-stream inhalation-of-air path from -- current intake pressure Pm It calculates by the degree type.

$Pm = Qm$  and  $R - T / VIM$  -- here, R is [ an intake-air temperature and VIM of a gas constant and T ] the content volume of a throttle down-stream inhalation-of-air path.

[0119] Then, it is an intake pressure Pm by progressing to step 507 and computing the average of this intake pressure Pm (i) and the last intake pressure Pm (i-1). It equalizes.

$Pm(i) = \{Pm(i) + Pm(i-1)\} / 2$  [0120] Then, it progresses to step 508 and is this intake pressure Pm. It uses and is the current restoration air content Gest in a cylinder by the degree type. It calculates.

$Gest = \eta - Vc - Pm / (2 \text{ and } R - T)$

eta: Volumetric efficiency Vc : Cylinder-capacity R:gas constant T: Intake-air temperature [0121] On the

other hand, in the future restoration air content operation routine in a cylinder of drawing 25, the prediction intake pressure  $P_m$  (intake pressure of intake valve close timing) is first calculated at step 601 by the same processing as the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13 explained with said operation gestalt (1). Then, it progresses to step 602 and is the prediction intake pressure  $P_m$ . It uses and the future restoration air content  $G_{cf}$  (restoration air content in a cylinder of intake valve close timing) in a cylinder is calculated by the degree type.

$G_{cf} = \eta - V_c - P_m / (2 \text{ and } R - T)$

[0122] With this operation gestalt (4) explained above, while presuming the current restoration air content in a cylinder based on current throttle opening Since future throttle opening is predicted, the future restoration air content in a cylinder is predicted and the prediction variation of the restoration air content in a cylinder was calculated from the deflection of said future restoration air content in a cylinder, and said current restoration air content in a cylinder From said operation gestalt (1) and (2), the prediction variation of the restoration air content in a cylinder can be calculated with a sufficient precision, and the predictability of the restoration air content in a cylinder can be improved.

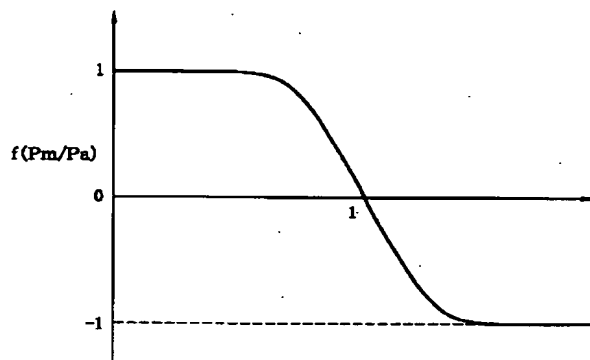
[0123] <<operation gestalt (5)>> Although the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from throttle opening was used in above-mentioned operation gestalt (1) - (4), with the operation gestalt (5) of this invention, air content change actually sets the time constant of this inhalation-of-air system model as a small value also for a twist using the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from the output (intake air flow) of an air flow meter 14 (intake-air-flow detection means) so that it may appear at an early stage.

[0124] With this operation gestalt (5), the time constant of an inhalation-of-air system model is set as a small value instead of establishing a means to predict the restoration air content in a cylinder. If it does in this way, the effectiveness same since change of the restoration air content in a cylinder calculated with the inhalation-of-air system model actually appears at an early stage also in a twist as predicting the future restoration air content in a cylinder will be acquired. Thereby, the operation precision of the restoration air content in a cylinder of a transient can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

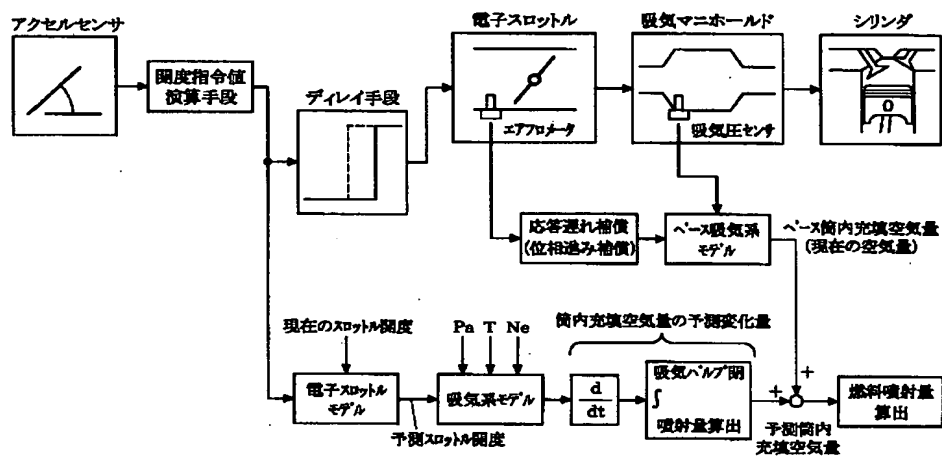
---

[Translation done.]

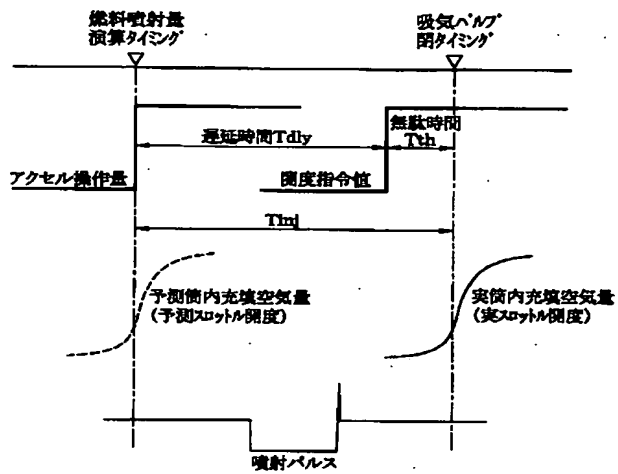




[Drawing 2]

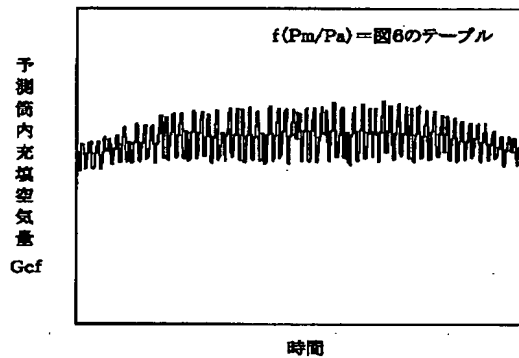


[Drawing 3]



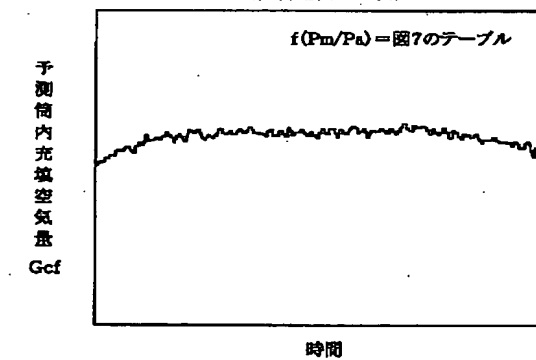
[Drawing 8]

高負荷運転時の挙動

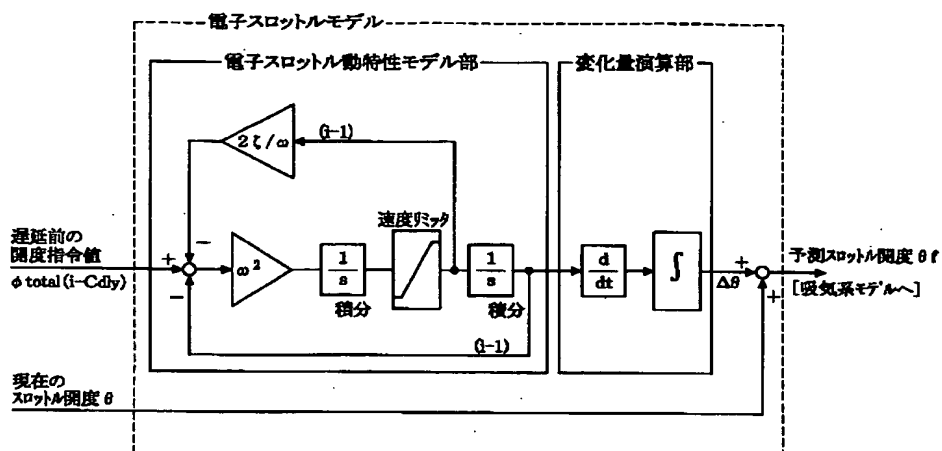


[Drawing 9]

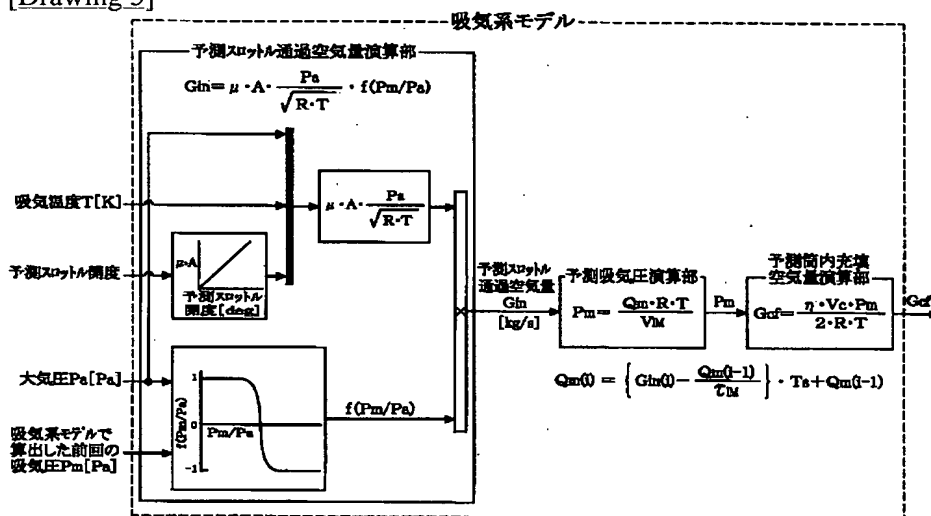
高負荷運転時の挙動



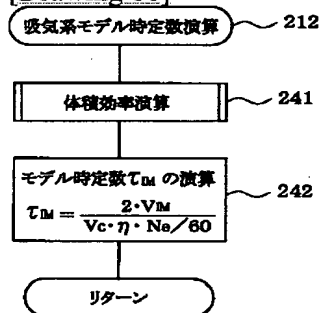
[Drawing 4]



[Drawing 5]

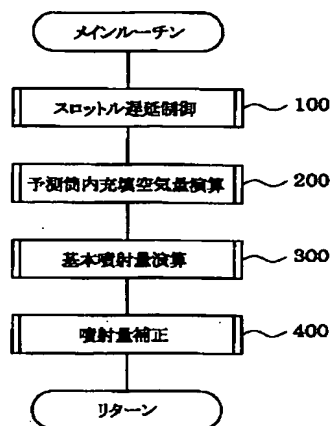


[Drawing 16]

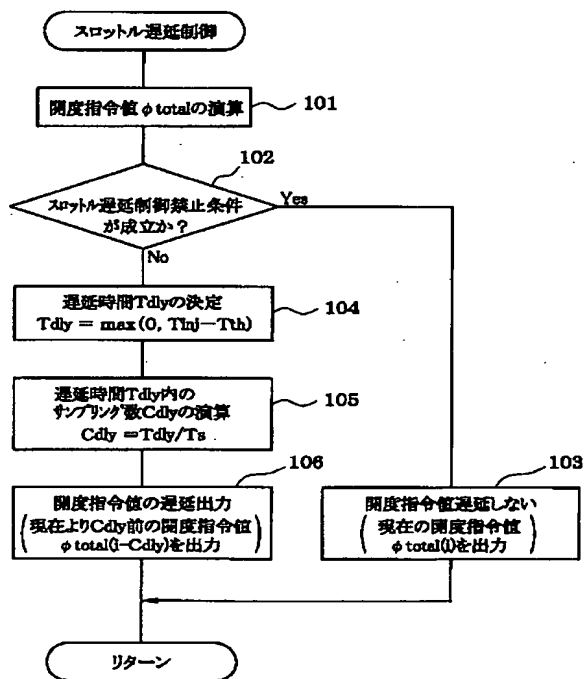


[Drawing 10]

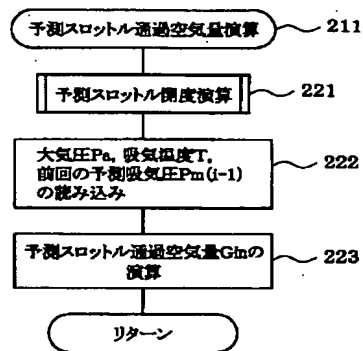




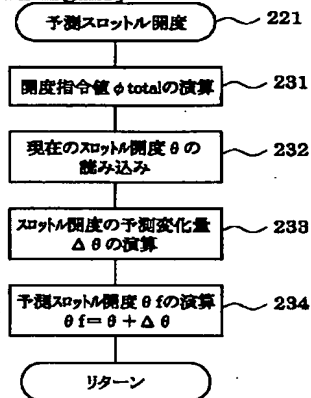
[Drawing 11]



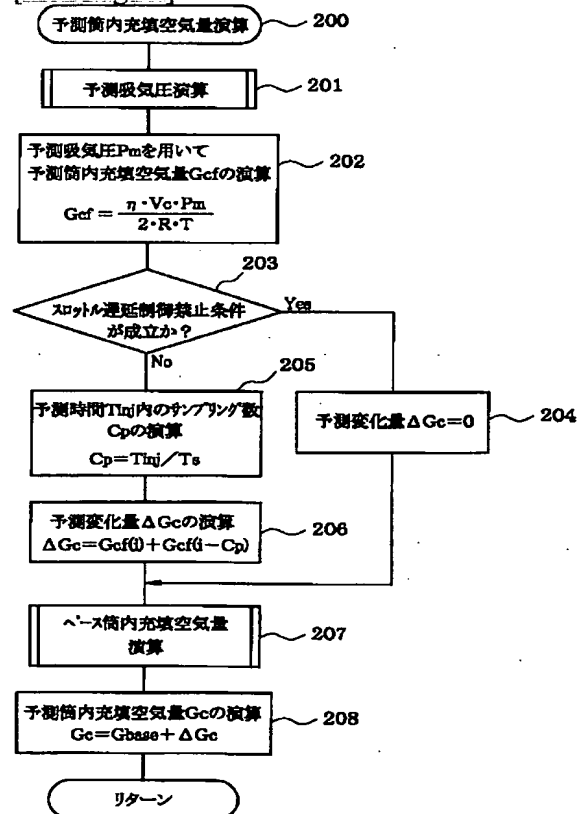
[Drawing 14]



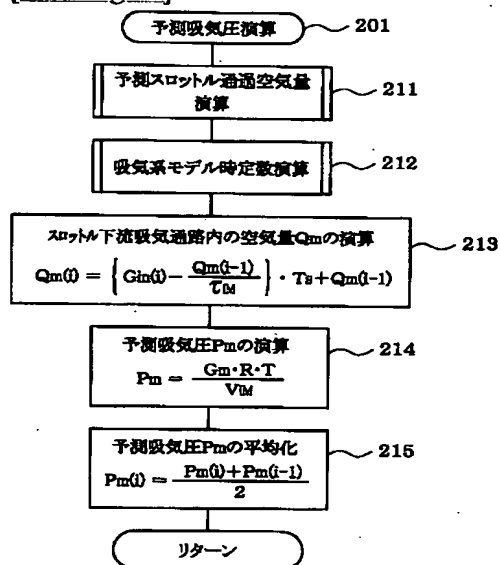
[Drawing 15]



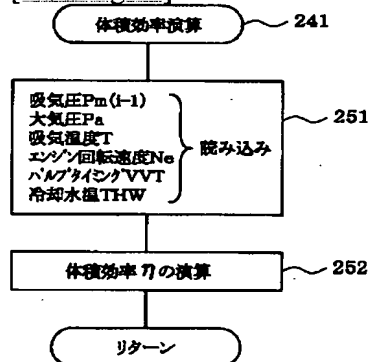
[Drawing 12]



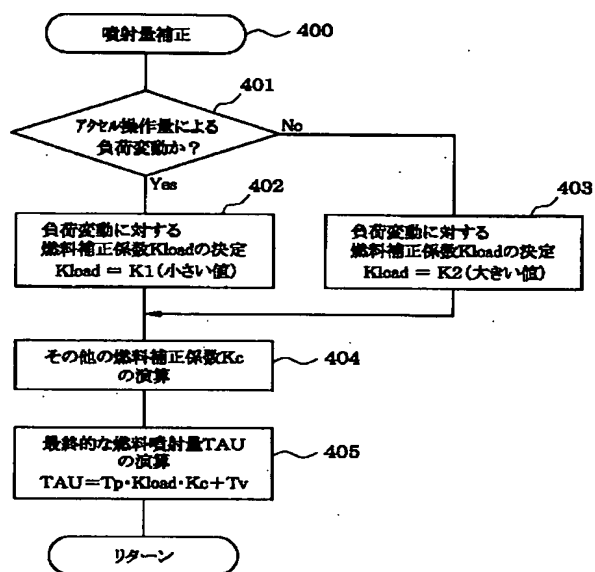
[Drawing 13]



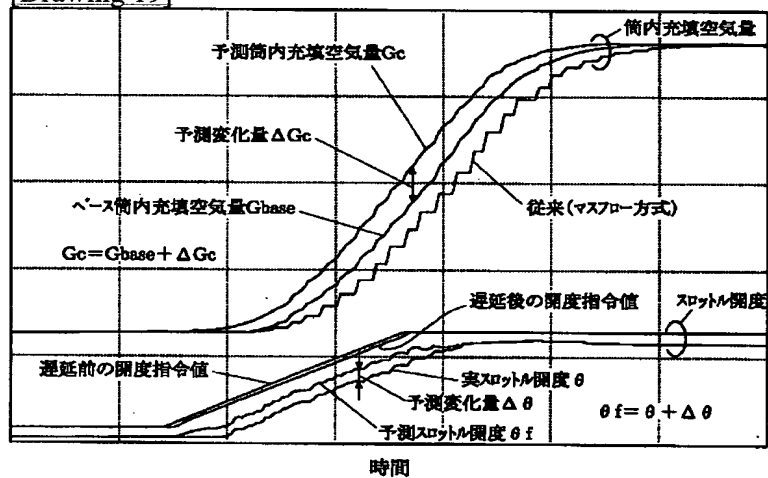
[Drawing 17]



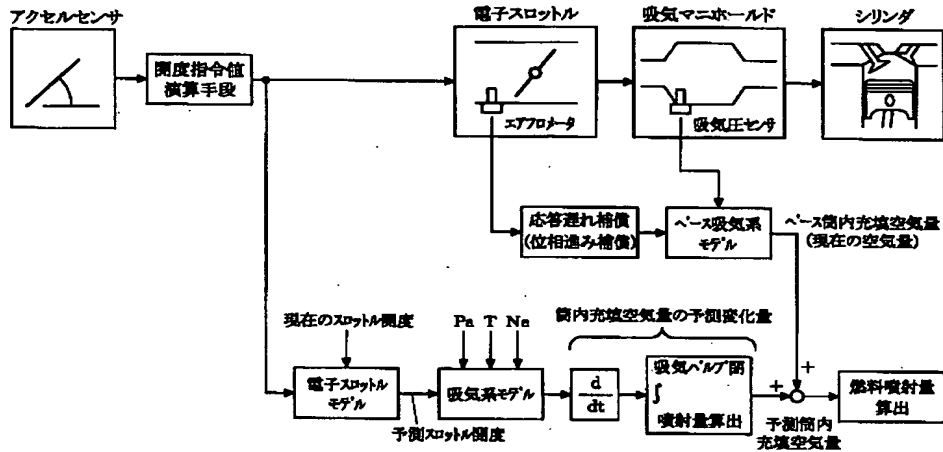
[Drawing 18]



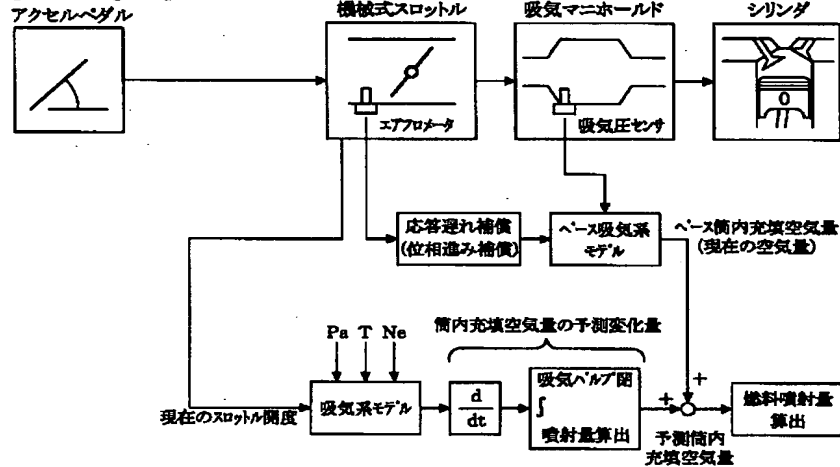
[Drawing 19]



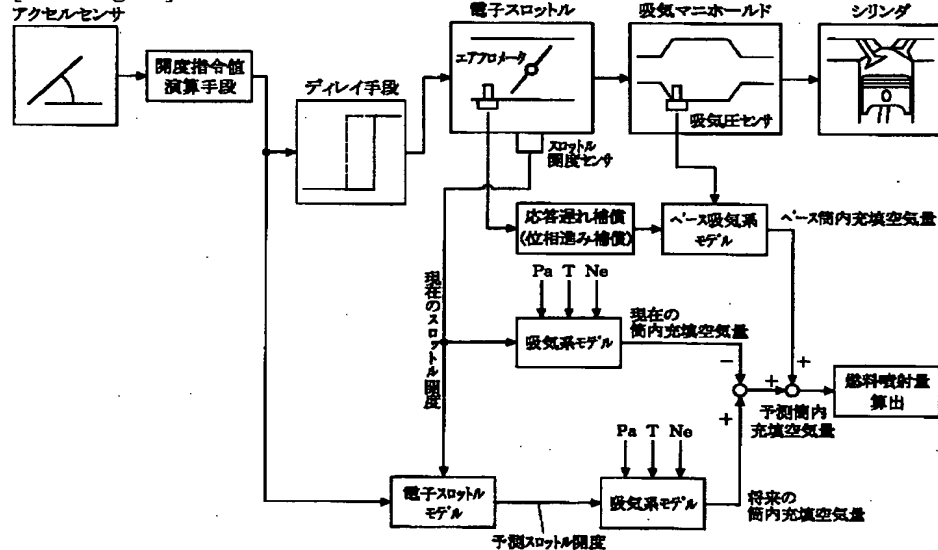
[Drawing 20]



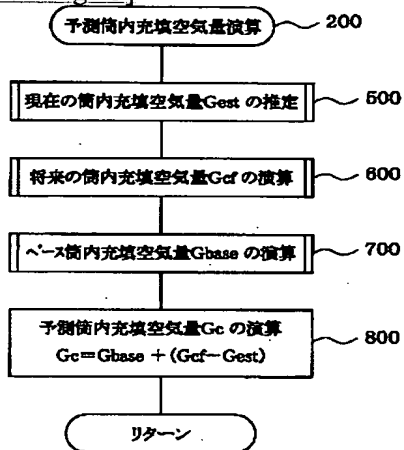
[Drawing 21]



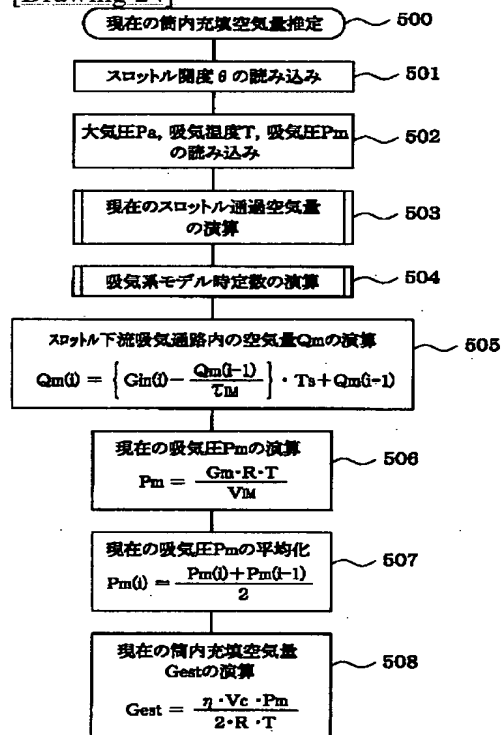
[Drawing 22]



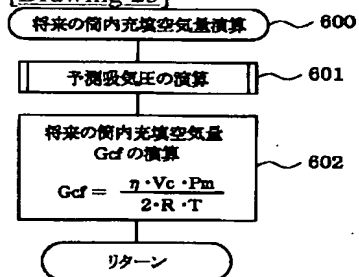
[Drawing 23]



[Drawing 24]



[Drawing 25]



---

[Translation done.]





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 スロットルバルブをスロットルアクチュエータで駆動してスロットル開度を制御する電子スロットルシステムを備えた内燃機関において、

アクセル操作量等に基づいて開度指令値を演算する開度指令値演算手段と、

前記開度指令値演算手段で演算した開度指令値を前記スロットルアクチュエータに出力するタイミングを遅延させるディレイ手段と、

前記ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値と前記電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて該開度指令値の遅延出力前にその後のスロットル開度を予測するスロットル開度予測手段と、

前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測する筒内充填空気量予測手段と、

前記筒内充填空気量予測手段で予測した筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。 \*

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$  : 吸気圧 $P_m$ と大気圧 $P_a$ の比で決まる物理値

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

$r$  : スロットルバルブの半径[m]

$\theta$  : スロットル開度

に設定され、

前記筒内充填空気量予測手段は、前記スロットル通過空気量を演算する際に、 $f(P_m/P_a)$ は $P_m/P_a$ をパラメータとするテーブルから算出し、 $\mu \cdot A$ はスロットル開度をパラメータとするテーブルから算出することを特徴とする請求項3に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項5】 前記スロットル通過空気量の演算に用いる $f(P_m/P_a)$ のテーブルは、

$P_m/P_a < 1$ のときに $f(P_m/P_a) = \text{正の値}$

$P_m/P_a = 1$ のときに $f(P_m/P_a) = 0$

$P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) = \text{負の値}$ に設定され、

前記筒内充填空気量予測手段は、前記吸気系モデルの演

\*【請求項2】 前記筒内充填空気量予測手段は、前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項3】 前記筒内充填空気量予測手段は、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なしてスロットル通過空気量とスロットル下流通路を流れる吸入空気に質量保存則を適用した吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量を吸気バルブ閉タイミングまで積算することで吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測することを特徴とする請求項2に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項4】 前記吸気系モデルでスロットル通過空気量を演算する式は、

【数1】

算値を平均化する手段を有することを特徴とする請求項4に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項6】 前記ディレイ手段は、開度指令値の遅延時間を、ある気筒の燃料噴射量の演算タイミングから当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間から前記電子スロットルシステムの無駄時間を差し引いた時間に設定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項7】 前記ディレイ手段は、ある気筒の燃料噴射量の演算タイミングから当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間が前記電子スロットルシステムの無駄時間よりも短くなるときは前記開度指令値を遅延させずに出力することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか

に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 8】 前記ディレイ手段は、始動時、始動直後の所定時間内、アイドル運転時、自動変速機がニュートラル状態のいずれかに該当するときは前記開度指令値を遅延させずに出力することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】 前記スロットル開度予測手段は、前記ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値を入力とする一次以上の遅れ要素と速度リミッタを含む電子スロットルモデルを用いて開度指令値遅延出力後のスロットル開度を予測することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 10】 前記スロットル開度予測手段は、前記電子スロットルモデルを用いて吸気バルブ閉タイミングまでのスロットル開度の変化量を予測し、この変化量を現在のスロットル開度に加算して吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 11】 前記燃料噴射量演算手段は、燃料噴射量を運転状態に応じて補正する手段を有し、アクセル操作による負荷変動時とそれ以外の場合とで燃料噴射量に対する補正係数を切り換えることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 12】 スロットルバルブをスロットルアクチュエータで駆動してスロットル開度を制御する電子スロットルシステムを備えた内燃機関において、アクセル操作量等に基づいて開度指令値を演算する開度指令値演算手段と、前記開度指令値演算手段で演算した開度指令値と前記電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測するスロットル開度予測手段と、前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて筒内充填空気を予測する筒内充填空気量予測手段と、前記筒内充填空気量予測手段で予測した筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 13】 前記筒内充填空気量予測手段は、前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測することを特徴とする請求項 12 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 14】 現在の運転パラメータに基づいてベース筒内充填空気量を演算するベース筒内充填空気量演算手段と、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なしスロットル通過空気量とスロットル下流通路を流れ

る吸入空気に質量保存則を適用した吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測する変化量予測手段と、

前記ベース筒内充填空気量演算手段で演算したベース筒内充填空気量に前記変化量予測手段で予測した変化量を加算して筒内充填空気量を予測する筒内充填空気量予測手段と、

10 前記筒内充填空気量予測手段で予測した筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 15】 内燃機関の吸気通路を流れる吸入空気の流量を検出する吸入空気流量検出手段と、

スロットルバルブを通過した吸入空気が筒内に流入するまでの吸入空気の挙動を模擬した吸気系モデルを用い、前記吸入空気流量検出手段の出力を該吸気系モデルに投入して該吸気系モデルの出力である筒内充填空気量を演算する演算手段とを備え、

20 前記吸気系モデルの時定数は、空気量変化が実際よりも早期に現れるように小さい値に設定されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 16】 現在のスロットル開度に基づいて現在の筒内充填空気量を推定する手段と、

将来のスロットル開度を予測するスロットル開度予測手段と、

前記将来のスロットル開度に基づいて将来の筒内充填空気量を予測する手段と、

30 前記将来の筒内充填空気量と前記現在の筒内充填空気量との偏差を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して最終的な予測筒内充填空気量を求める手段と、

前記最終的な予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の筒内充填空気量の演算方法を改良した内燃機関の制御装置に関するものである。

40 【0002】

【従来の技術】将来、益々厳しくなる排出ガス浄化規制に対応するには、空燃比制御（燃料噴射制御）を高精度化する必要があり、そのためには、エンジンの筒内に充填される空気量（筒内充填空気量）を精度良く演算して、その筒内充填空気量に見合った適正な燃料噴射量を設定する必要がある。現在、一般的に使用されている筒内充填空気量の演算方法は、スロットルバルブの上流側に設置したエアフロメータで吸入空気流量を検出して、その検出値から筒内充填空気量を演算する方式（マスフロー方式）と、吸気圧を吸気圧センサで検出して、吸気

圧とエンジン回転速度とから筒内充填空気量を演算する方式（スピードデンシティ方式）とに大別される。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、筒内充填空気量が確定するタイミングは、吸気行程が終了する吸気バルブ閉タイミングであり、燃料噴射量を算出するタイミングは、吸気バルブ閉タイミングよりも前である（筒内に噴射燃料を吸入させるには吸気バルブ閉タイミングよりも前に燃料噴射を実行する必要があるためである）。そのため、前述した従来のマスフロー方式、スピードデンシティ方式のいずれの方法で筒内充填空気量を算出しても、過渡時には、燃料噴射量の算出タイミングから吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）までの間に筒内充填空気量が変化してしまい、その結果、実際の筒内充填空気量と筒内に流入する燃料量との比（空燃比）が目標空燃比からずれてしまい、過渡時の空燃比制御精度が悪くなるという欠点がある。

【0004】本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）のスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測し、その予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしたものである。ここで、筒内充填空気量を予測するパラメータとしてスロットル開度を用いる理由は、筒内充填空気量の変化は、主としてスロットル開度の変化を起源として発生し、過渡時にスロットル開度の変化から筒内充填空気量の変化を応答良く予測できるためである。

【0006】請求項1のように、スロットルバルブをスロットルアクチュエータで駆動してスロットル開度を制御する電子スロットルシステムを備えた内燃機関では、開度指令値をスロットルアクチュエータに出力するタイミングをディレイ手段で適度に遅延させることで、吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）のスロットル開度を予測することが可能となる。こ

の際、電子スロットルシステムの動作には応答遅れ（無駄時間）が存在するため、ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値と電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて該開度指令値の遅延出力前にその後のスロットル開度を予測すれば良い。これにより、吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を精度良く予測して、その予測スロットル開度から筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0007】ところで、予測スロットル開度から筒内充填空気量を予測する方法は、過渡時の応答性が良いという利点があるが、その反面、電子スロットルシステムのばらつきや経時変化、運転条件等によって、定常時の予測値が実際の値からずれる傾向がある。また、定常時は、筒内充填空気量に変化しないため、現在の運転パラメータ（吸入空気流量、吸気圧等）に基づいて演算した筒内充填空気量が、その後の吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量と一致する。

【0008】そこで、請求項2のように、予測スロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量（過渡変化分）を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測すると良い。このようにすれば、定常時と過渡時の両方で筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となる。

【0009】更に、請求項3のように、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なしてスロットル通過空気量とスロットル下流通路を流れる吸入空気に質量保存則を適用した吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量を吸気バルブ閉タイミングまで積算することで、吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測するようにすると良い。このような吸気系モデルを用いることで、比較的簡単な演算処理で、吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を精度良く予測することができる。

【0010】この場合、請求項4のように、吸気系モデルでスロットル通過空気量を演算する式は、次式を用いると良い。

#### 【0011】

【数2】

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$  :  $P_m/P_a > 1$  のとき  $f(P_m/P_a)$  = 負の値

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

$r$  : スロットルバルブの半径[m]

$\theta$  : スロットル開度

【0012】スロットル通過空気量を演算する際に、 $f(P_m/P_a)$  は、 $P_m/P_a$  をパラメータとするテーブルから算出し、 $\mu \cdot A$  は、スロットル開度をパラメータとするテーブルから算出するようにしても良い。これにより、吸気系モデル式の演算処理が極めて簡単になる。

【0013】更に、請求項5のように、 $f(P_m/P_a)$  のテーブルは、

$P_m/P_a < 1$  のときに  $f(P_m/P_a)$  = 正の値

$P_m/P_a = 1$  のときに  $f(P_m/P_a) = 0$

$P_m/P_a > 1$  のときに  $f(P_m/P_a)$  = 負の値

に設定し、吸気系モデルの演算値を平均化するようにすると良い。後述するように、 $f(P_m/P_a)$  は、物理的には負の値にならないが、 $P_m/P_a > 1$  のときに  $f(P_m/P_a) = 0$  にすると、 $P_m/P_a$  が1付近で変動する高負荷運転時に、吸気系モデルの演算値が振動してハンチングが発生する傾向がある。この原因は、 $P_m/P_a$  が1付近の領域で  $f(P_m/P_a)$  の変化率が大きくなることと、高負荷運転時に演算上  $P_m/P_a$  が1以上になる毎に  $f(P_m/P_a)$  が0でガードされるため、高負荷運転時の  $f(P_m/P_a)$  の変化が不規則になるためである。

【0014】この対策として、請求項5のように  $P_m/P_a > 1$  のときに  $f(P_m/P_a)$  = 負の値とすれば、 $P_m/P_a$  が1付近で変動する高負荷運転時に、 $f(P_m/P_a)$  の変化が規則的なものとなる。このため、吸気系モデルの演算値を平均化することで、高負荷運転時の吸気系モデルの演算値を安定化させることができ、ハンチングを防止することができる。

【0015】また、請求項6のように、ディレイ手段によって遅延させる開度指令値の遅延時間  $T_{dly}$  は、ある気筒の燃料噴射量の演算タイミング（筒内充填空気量の

予測タイミング）から当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間  $T_{inj}$  から電子スロットルシステムの無駄時間  $T_{th}$  を差し引いた時間（ $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ）に設定すると良い。このようにすれば、吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測スロットル開度と一致させるように開度指令値の遅延時間  $T_{dly}$  を設定することができ、予測スロットル開度の演算が容易となる。

【0016】この場合、電子スロットルシステムの無駄時間  $T_{th}$  は、スロットル駆動速度が変化しても変化しないが、燃料噴射量の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間  $T_{inj}$  は、エンジン回転速度が高回転になるほど短くなる。このため、高回転時には、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間  $T_{inj}$  が電子スロットルシステムの無駄時間  $T_{th}$  よりも短くなるおそれがある。

【0017】この点を考慮して、請求項7のように、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間  $T_{inj}$  が電子スロットルシステムの無駄時間  $T_{th}$  よりも短くなるときは、開度指令値を遅延させずに出力するようにすると良い。このようにすれば、高回転時に、無駄なスロットル遅延制御を行わずに済むと共に、高回転時のスロットル応答性も向上させることができる。

【0018】また、請求項8のように、始動時、始動直後の所定時間内、アイドル運転時、自動変速機がニュートラル状態のいずれかに該当するときは、開度指令値を遅延させずに出力するようにすると良い。始動時や始動直後は、本来的にエンジン回転が不安定であるため、開度指令値を遅延させるスロットル遅延制御を行うと、エンジン回転変動が更に大きくなるおそれがある。また、アイドル運転時は、アイドル回転速度制御（ISC）が

作動してアイドル回転速度をフィードバック制御するため、スロットル遅延制御を行うと、アイドル回転速度制御がスロットル遅延制御と干渉してアイドル回転が不安定になるおそれがある。また、自動変速機がニュートラル状態のときは、運転者がレーシング（エンジンの空吹き）を行う可能性があるため、ニュートラル状態のときに、スロットル遅延制御を行うと、レーシング実行時にエンジン回転速度の立上がりが遅れて、運転者にアクセル応答性・加速性が悪いと感じさせてしまうおそれがある。

【0019】従って、請求項8のように、スロットル遅延制御による悪影響が現れる運転状態の時（始動時、アイドル運転時、ニュートラル時）にスロットル遅延制御を行わないようにすれば、スロットル遅延制御による悪影響を無くすることができる。

【0020】また、請求項9のように、ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値を用いて該開度指令値の遅延出力後のスロットル開度を予測する際に、遅延させる前の開度指令値を入力とする一次以上の遅れ要素と速度リミッタを含む電子スロットルモデルを用いてスロットル開度を予測するようにすると良い。一般に、電子スロットルシステムは、構造が複雑であるため、これを精密に物理モデル化することは困難であるが、電子スロットルシステムの応答遅れ特性を一次以上の遅れ要素で模擬し、スロットルバルブの駆動速度の限界特性を速度リミッタで模擬することによって、演算処理の簡単な電子スロットルモデルを構築することができ、電子スロットルシステムのCPUを特に高性能化しなくても、スロットル開度の予測演算が可能となる。

【0021】また、電子スロットルシステムのばらつき、経時変化、運転条件等によりスロットル開度予測値が実際の値からずれる可能性がある。そこで、請求項10のように、電子スロットルモデルを用いて吸気バルブ閉タイミングまでのスロットル開度の変化量を予測し、この変化量を現在のスロットル開度に加算して吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測するようにしても良い。このようにすれば、上記原因によるスロットル開度予測誤差を少なくしてスロットル開度を精度良く予測することが可能となる。

【0022】また、請求項11のように、燃料噴射量を運転状態に応じて補正する際に、アクセル操作による負荷変動時とそれ以外の場合とで燃料噴射量に対する補正係数を切り換えるようにしても良い。つまり、本発明は、アクセル操作による負荷変動に対しては、筒内充填空気量を精度良く予測することができるため、燃料噴射量に対する補正を少なくすることができる。しかし、自動変速機をニュートラルレンジからドライブレンジにシフトした時や、パワーステアリング、ブレーキ、エアコン等による負荷変動は、アクセル操作量からは予測できないため、これらの負荷変動に対しては、燃料噴射量に

対する補正を多くすることが望ましい。

【0023】従って、請求項11のように、アクセル操作による負荷変動時とそれ以外の場合とで燃料噴射量に対する補正係数を切り換えるようにすれば、負荷変動の原因に応じて燃料噴射量の補正を適正化することができる。

【0024】以上説明した請求項1～11に係る発明は、スロットル遅延制御を行うようにしたが、請求項12のように、スロットル遅延制御を行わずに、アクセル操作量等に基づいて演算した開度指令値と電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測し、このスロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測するようにしても良い。このようにしても、電子スロットルシステムの無駄時間を利用してスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度から筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0025】この場合も、請求項13のように、予測スロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量（過渡変化分）を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測すると良い。このようにすれば、定常時と過渡時の両方で筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となる。

【0026】以上説明した請求項1～13は、本発明を電子スロットルシステム付きの内燃機関に適用したものであるが、スロットル開度をアクセル操作に機械的に連動させる機械式スロットルシステムの場合は、請求項14のように、現在の運転パラメータに基づいてベース筒内充填空気量を演算すると共に、スロットル開口をオリフィスと見なして現在のスロットル開度等からスロットル通過空気量を演算する吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測し、この変化量をベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測し、この筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしても良い。このようにすれば、機械式スロットルシステムの場合でも、筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0027】また、上記請求項1～14では、スロットル開度から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用いたが、吸入空気流量検出手段（エアフロメータ）の出力（吸入空気量）から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用いる場合は、請求項15のように、吸気系モデルの時定数を、空気量変化が実際よりも早期に現れるように小さい値に設定すると良い。このように、吸気系モデルの時定数を小さくすれば、吸気系モデルで演算した筒内充填空気量の変化が実際よりも早期に現れるた

め、将来の筒内充填空気量を予測するのと同じ効果が得られる。これにより、過渡時の筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0028】ところで、前述した請求項2、請求項13では、予測スロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測するようにしたが、過渡時には、予測スロットル開度に基づいて筒内充填空気量の変化量を予測してから吸気バルブ閉タイミングまでに機関回転速度等の運転パラメータが変化するため、その影響で、筒内充填空気量の予測精度が低下する。

【0029】この対策として、請求項16のように、現在のスロットル開度に基づいて現在の筒内充填空気量を推定すると共に、将来のスロットル開度を予測して、将来のスロットル開度に基づいて将来の筒内充填空気量を予測し、前記将来の筒内充填空気量と前記現在の筒内充填空気量との偏差（筒内充填空気量の予測変化量に相当）を、現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して最終的な予測筒内充填空気量を求め、この最終的な予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしても良い。このようにすれば、将来の筒内充填空気量と現在の推定された筒内充填空気量との偏差から筒内充填空気量の予測変化量を精度良く求めることができ、筒内充填空気量の予測精度を向上することができる。なぜなら、現在の推定筒内充填空気量は、最新のエンジン回転速度等の情報が考慮されるためである。（請求項2等では筒内充填空気量の予測値の変化量であり、元となる値は過去に計算されたものである。）

#### 【0030】

【発明の実施の形態】《実施形態（1）》以下、本発明の実施形態（1）を図1乃至図19に基づいて説明する。

【0031】まず、図1に基づいて内燃機関であるエンジン11の制御システム全体の概略構成を説明する。エンジン11の吸気管12の上流側にはエアクリーナ13が装着され、その下流側には吸入空気量を測定するエアフロメータ14が設置されている。このエアフロメータ14は、吸入空気の流れの中に配置される熱線（図示せず）と吸気温度検出素子（図示せず）が内蔵され、吸入空気中で冷やされる熱線の温度と吸気温度との温度差を一定に保つように熱線への供給電流が制御される。これにより、吸入空気流量に応じて変化する熱線の放熱量に応じて熱線への供給電流が変化し、この供給電流に応じた電圧信号が吸入空気流量信号として出力される。

【0032】このエアフロメータ14の下流側には、スロットルバルブ15が設けられ、このスロットルバルブ15の回転軸15aにDCモータ等のモータ17（スロットルアクチュエータ）が連結されている。そして、こ

のモータ17の駆動力によってスロットルバルブ15の開度（スロットル開度）が制御され、このスロットル開度がスロットル開度センサ18によって検出される。

【0033】この場合、アイドル運転時も、モータ17の駆動力によってスロットル開度を制御し、それによって、アイドル運転時の吸入空気量を制御してエンジン回転速度を目標アイドル回転速度に一致させるようにフィードバック制御する。このアイドル運転時のスロットル制御がアイドル回転速度制御（ISC）である。尚、アイドル回転速度制御は、スロットルバルブ15をバイパスするバイパス通路にアイドル回転速度制御バルブ（ISCバルブ）を設けて、アイドル運転時に、このアイドル回転速度制御バルブの開度を制御してバイパス空気量（アイドル運転時の吸入空気量）を制御するようにしても良い。

【0034】一方、スロットルバルブ15の下流側には、吸気圧を検出する吸気圧センサ16が設置されている。また、スロットルバルブ15を通過した吸入空気をエンジン11の各気筒に導入する吸気マニホールド19には、燃料噴射弁20が取り付けられ、また、エンジン11の各気筒のシリンダヘッドには点火プラグ21が取り付けられている。エンジン11のクランク軸22に装着されたシグナルロータ23の外周に対向してクランク角センサ24が設置され、このクランク角センサ24から出力されるエンジン回転速度信号Neのパルスが電子制御ユニット（ECU）25に取り込まれ、このエンジン回転速度信号Neの発生周波数によってエンジン回転速度が検出される。

【0035】一方、アクセルペダル26の踏込量（アクセル操作量）がアクセルセンサ27によって検出され、このアクセル操作量に応じた電圧信号が電子制御ユニット25にA/D変換器28を介して取り込まれる。また、エアフロメータ14、吸気圧センサ16、スロットル開度センサ18等の各種センサの出力も、電子制御ユニット25にA/D変換器28を介して取り込まれる。

【0036】この電子制御ユニット25は、CPU29、ROM30、RAM31等を備えたマイクロコンピュータを主体として構成され、ROM30に記憶されているスロットル制御用の各種プログラムをCPU29で実行することで、通常のスロットル制御時には、アクセル操作量等に基づいて設定された開度指令値（目標スロットル開度）に応じてモータ駆動回路32を介してモータ17をPID制御等によりフィードバック制御し、このモータ17の駆動力によってスロットル開度を開度指令値に制御する。尚、モータ駆動回路32からモータ17への通電路中には、リレー等からなる安全回路46が設けられ、電子スロットルシステムの異常時には、この安全回路46が作動してモータ17への通電を遮断するようになっている。

【0037】更に、この電子制御ユニット25は、ROM30に記憶されている図10乃至図18の各ルーチンをCPU29で実行することで、後述するスロットル遅延制御を行うと共に、吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）のスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測し、その予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算し、その演算結果に応じたパルス幅の噴射パルスを駆動回路45に出力して、燃料噴射弁20の噴射時間（燃料噴射量）を制御する。

【0038】この電子制御ユニット25による燃料噴射量の演算方法を図2乃至図9に基づいて説明する。図2は、スロットル遅延制御と筒内充填空気量の予測方法の概要を示すブロック線図である。エンジン運転中は、アクセル操作量がアクセルセンサ27によって検出され、開度指令値演算手段によってアクセル操作量等に応じてマップ等により開度指令値（目標スロットル開度）が設定される。この開度指令値は、ディレイ手段で所定時間T<sub>dly</sub>遅延されて電子スロットルシステムのモータ駆動回路32に出力される。この開度指令値の遅延時間T<sub>dly</sub>は、図3に示すように、ある気筒の燃料噴射量TAUの演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間T<sub>inj</sub>から電子スロットルシステムの無駄時間T<sub>th</sub>を差し引いた時間（T<sub>dly</sub> = T<sub>inj</sub> - T<sub>th</sub>）に設定される。

【0039】この場合、電子スロットルシステムの無駄時間T<sub>th</sub>は、スロットル駆動速度が変化しても変化しないが、燃料噴射量TAUの演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間T<sub>inj</sub>は、エンジン回転速度が高回転になるほど短くなる。このため、高回転時には、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間T<sub>inj</sub>が電子スロットルシステムの無駄時間T<sub>th</sub>よりも短くなるおそれがある。

【0040】この点を考慮して、本実施形態（1）では、燃料噴射量TAUの演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間T<sub>inj</sub>が電子スロットルシステムの無駄時間T<sub>th</sub>よりも短くなるときは、開度指令値を遅延させずに出力する。

【0041】一方、ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値 $\phi_{total}$ は、電子スロットルモデルに入力される。この電子スロットルモデルは、図4に示すように、電子スロットル動特性モデル部と変化量演算部とから構

成されている。この電子スロットル動特性モデル部は、電子スロットルシステムの応答遅れ特性を二次遅れ要素 $[\omega^2 / (s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)]$ で模擬すると共に、スロットルバルブ15の駆動速度の限界特性を速度リミッタで模擬し、遅延前の開度指令値 $\phi_{total}$ から予測スロットル開度 $\theta_f$ を演算する。二次遅れ要素の2つの積分要素（1/s）は矩形積分である。尚、演算処理を簡略化するために、二次遅れ要素に代えて、一次遅れ要素を用いても良い。

10 【0042】また、電子スロットルモデルの変化量演算部は、微分要素（d/dt）と積分要素（f）とから成り、微分要素（d/dt）で、電子スロットル動特性モデル部の出力（予測スロットル開度）のサンプリング時間T<sub>s</sub>間の差分を求め、この差分を積分要素（f）で積分することで、スロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を演算する。この際、積分要素（f）で差分を積分する時間は、燃料噴射量TAUの演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間T<sub>inj</sub>と、電子スロットルシステムの無駄時間T<sub>th</sub>の大きい方である。これにより、変化量演算部から出力されるスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ は、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間T<sub>th</sub>経過後）までのスロットル開度の予測変化量となる。

20 【0043】電子スロットルモデルは、変化量演算部から出力されるスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を現在のスロットル開度 $\theta$ （スロットル開度センサ18の出力）に加算して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間T<sub>th</sub>経過後）の予測スロットル開度 $\theta_f$ を求め、この予測スロットル開度 $\theta_f$ を吸気系モデルに出力する。

30 【0044】この吸気系モデルは、図5に示すように、予測スロットル通過空気量演算部と予測吸気圧演算部と予測筒内充填空気量演算部とから成り、予測スロットル通過空気量演算部は、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なして予測スロットル開度等から予測スロットル通過空気量G<sub>in</sub>を演算する。また、予測吸気圧演算部は、予測スロットル通過空気量G<sub>in</sub>から予測吸気圧P<sub>m</sub>を演算し、予測筒内充填空気量演算部は、予測吸気圧P<sub>m</sub>から予測筒内充填空気量G<sub>cf</sub>を演算する。予測スロットル通過空気量演算部は、次のオリフィスの式で表される。

40 【0045】

【数3】

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a) \quad \text{----(1)}$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta) \quad \text{----(2)}$$

$r$  : スロットルバルブの半径[m]

$\theta$  : スロットル開度

$$P_m \leq \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1} \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}} \quad \text{----(3)}$$

$$P_m > \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \left\{ \left( \frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left( \frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right\}} \quad \text{----(4)}$$

$\kappa$  : 比熱比

【0046】ここで、 $f(P_m/P_a)$  は、上式により演算しても良いが、演算処理を簡略化するために、 $P_m/P_a$  をパラメータとするテーブルから算出すると良い。 $f(P_m/P_a)$  のテーブルは、最大値を1として正規化すると、図6に示すような曲線で表される。この $f(P_m/P_a)$  は、上記(3)式、(4)式から明らかのように、物理的には負の値にならないため、図6の例では、 $P_m/P_a > 1$  のときに、 $f(P_m/P_a) = 0$  に設定している。

【0047】しかし、 $P_m/P_a > 1$  のときに  $f(P_m/P_a) = 0$  にすると、 $P_m/P_a$  が1付近で変動する高負荷運転時に、図8に示すように、吸気系モデルの演算値（スロットル通過空気量  $G_{in}$ 、予測吸気圧  $P_m$ 、予測筒内充填空気量  $G_{cf}$ ）が振動してハンチングが発生する傾向がある。この原因は、 $P_m/P_a$  が1付近の領域で  $f(P_m/P_a)$  の変化率が大きくなることと、高負荷運転時に  $P_m/P_a$  が演算上1以上になる毎に  $f(P_m/P_a)$  が0でガードされるため、高負荷運転時の  $f(P_m/P_a)$  の変化が不規則になるためである。

【0048】この対策として、本実施形態(1)では、 $f(P_m/P_a)$  のテーブルを図7に示すように設定している。

つまり、 $P_m/P_a < 1$  のときに  $f(P_m/P_a) =$  正の値

$P_m/P_a = 1$  のときに  $f(P_m/P_a) = 0$

$P_m/P_a > 1$  のときに  $f(P_m/P_a) =$  負の値

に設定している。これにより、 $f(P_m/P_a)$  のテーブルは、 $P_m/P_a = 1$  を境にして土が反転する対称な変化特性となっている。

【0049】図7のような変化特性の  $f(P_m/P_a)$  のテーブルを用いると、 $P_m/P_a$  が1付近で変動する高負荷運転時に、 $f(P_m/P_a)$  の変化が規則的なものとなる。このため、吸気系モデルの演算値（スロットル通過空気量  $G_{in}$  又は予測吸気圧  $P_m$  又は予測筒内充填空気量  $G_{cf}$ ）を平均化することで、図9に示すように、高負荷運転時の吸気系モデルの出力（予測筒内充填空気量  $G_{cf}$ ）を安定化させることができ、ハンチングを防止することができる。

【0050】予測スロットル通過空気量演算部に入力する吸気圧  $P_m$  は、予測吸気圧演算部で演算した前回の予測吸気圧  $P_m(i-1)$  が用いられるが、吸気圧センサ16の出力を用いるようにしても良い。

【0051】また、予測スロットル通過空気量  $G_{in}$  の演算に用いるスロットル開口有効断面積  $A$  は、スロットル



開度  $\theta$  を前記 (2) 式に代入して算出しても良いが、本実施形態 (1) では、演算処理を簡略化するために、流量係数  $\mu$  とスロットル開口有効断面積  $A$  との乗算値  $\mu \cdot A$  を、予測スロットル開度をパラメータとするテーブルから算出する。

【0052】次に、予測吸気圧  $P_m$  と予測筒内充填空気量  $G_{cf}$  の演算方法を説明する。スロットルバルブ15からエンジン11の吸気口までの吸気通路（以下「スロットル下流吸気通路」という）を流れる吸入空気の流れに質量保存の法則を適用すると、次の (5) 式で表される \*10

$$G_{cf} = \eta \cdot (N_e / 2) \cdot V_c \cdot (Q_m / V_{IM}) \quad \cdots (5)$$

$\eta$  : 体積効率

$N_e$  : エンジン回転速度

$V_c$  : シリンダ容積

$V_{IM}$  : スロットル下流吸気通路の内容積

【0054】ここで、体積効率  $\eta$  は、吸入空気流量によって変化するため、吸入空気流量と相関関係のあるパラメータであるエンジン回転速度  $N_e$  と吸気圧  $P_m$  とに基づいてマップ等により設定される。ここで用いる  $P_m$  は予測吸気圧の前の値  $P_m(i-1)$  である。

$$\eta = f(N_e, P_m) \quad *$$

$$\{Q_m(i) - Q_m(i-1)\} / T_s = G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM} \quad \cdots (6)$$

ここで、 $T_s$  はサンプリング時間である。

【0057】この (9) 式を整理すると、スロットル下★

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\} \cdot T_s + Q_m(i-1) \quad [kg] \quad \cdots (10)$$

【0058】また、スロットル下流吸気通路に気体の状態方程式を適用すると、スロットル下流吸気通路内の空☆

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / V_{IM} \quad [Pa] \quad \cdots (11)$$

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度

吸気系モデルの予測吸気圧演算部は、上記 (10) 式と (11) 式を用いて、予測吸気圧  $P_m$  を演算する。◆

$$G_{cf} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T) \quad [kg/rev] \quad \cdots (12)$$

吸気系モデルの予測筒内充填空気量演算部は、上記 (12) 式を用いて、仮の予測筒内充填空気量  $G_{cf}$  を演算する。

【0060】図2に示すように、吸気系モデルの出力（仮の予測筒内充填空気量  $G_{cf}$ ）は、微分要素 ( $d/dt$ ) に入力され、サンプリング時間  $t_s$  間の差分が求められ、その差分が積分要素 ( $\int$ ) で積分される。その積分時間は、燃料噴射量  $T_{AU}$  の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間  $T_{inj}$  である。積分要素 ( $\int$ ) で積分した値は、吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量  $\Delta G_c$  に相当した値となり、この予測変化量  $\Delta G_c$  をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量  $G_{base}$  に加算して、最終的な予測筒内充填空気量  $G_c$ （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求める。

\*関係が得られる。

$$d/dt \cdot Q_m = G_{in} - G_{cf} \quad \cdots (5)$$

ここで、 $Q_m$  はスロットル下流吸気通路内の空気量、 $d/dt \cdot Q_m$  はスロットル下流吸気通路内の空気量の変化量、 $G_{in}$  は予測スロットル通過空気量、 $G_{cf}$  は予測筒内充填空気量である。

【0053】また、スロットル下流吸気通路に気体の状態方程式を適用すると、次の (6) 式に表す関係が得られる。

※【0055】また、吸気系モデルのモデル時定数  $\tau_{IM}$  は次の (7) 式で表される。

$$\tau_{IM} = 2 \cdot V_{IM} / (V_c \cdot \eta \cdot N_e) \quad \cdots (7)$$

上記 (5) ~ (7) 式から次の (8) 式が導き出される。

$$d/dt \cdot Q_m = G_{in} - Q_m / \tau_{IM} \quad \cdots (8)$$

【0056】上記 (8) 式は連続式であるため、これを電子制御ユニット25で演算処理できるようにするために、次のように離散化する。

★流吸気通路内の空気量  $Q_m$  の演算式が次のように導き出される。

☆気量  $Q_m$  から予測吸気圧  $P_m$  を演算する式が次のように導き出される。

30 ◆【0059】上記 (11) 式と (6) 式とから、次の (12) 式で表される予測筒内充填空気量  $G_{cf}$  の演算式が導き出される。

【0061】次に、ベース筒内充填空気量の演算方法を説明する。このベース筒内充填空気量は、エアフロメータ14の出力（吸入空気流量）に基づいて演算した現在の筒内充填空気量である。従って、このベース筒内充填空気量には、現在から吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）までのスロットル開度の変化による筒内充填空気量の変化量が含まれない。一般に、エアフロメータ14の出力から筒内充填空気量を演算する方法は、定常時に吸入空気流量＝筒内充填空気量となるため、定常時の筒内充填空気量の演算精度が良いという利点があるが、過渡時には、エアフロメータ14の応答遅れ（例えば熱式のエアフロメータ14の場合は、エアフロメータ14のセンサ部自身のヒートマスによる応答遅れ）が存在するため、過渡時の応答性が悪いという欠点がある。

50 【0062】そこで、本実施形態 (1) では、過渡時の

応答性を向上させるために、エアフロメータ 14 の出力の応答遅れを応答遅れ補償要素（位相進み補償要素）により補償し、この応答遅れ補償要素の出力をベース吸気系モデルに入力して該ベース吸気系モデルの出力であるベース筒内充填空気量  $G_{base}$  を演算する。このベース吸気系モデルの伝達関数は次の一次遅れ式で表される。

$$G_{base} = 1 / (1 + \tau_{im} \cdot s) \cdot G_{dly}$$

$G_{base}$  : ベース筒内充填空気量

$G_{dly}$  : 応答遅れ補償要素の出力

$\tau_{im}$  : 時定数

【0063】このベース吸気系モデルの時定数  $\tau_{im}$  は、次式で表される。

$$\tau_{im} = 2 \cdot V_{im} / (V_c \cdot \eta \cdot N_e)$$

$V_{im}$  : スロットル下流側の吸気通路の内容積

$V_c$  : シリンダ容積

$\eta$  : 体積効率

$N_e$  : エンジン回転速度

ここで、体積効率  $\eta$  は、吸入空気流量によって変化するため、吸入空気流量と相関関係のあるパラメータであるエンジン回転速度  $N_e$  と吸気圧  $P$ （吸気圧センサ 16 の出力）とに基づいてマップ等により設定される。

【0064】このようなベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量  $G_{base}$  と、予測スロットル開度等から演算した筒内充填空気量の予測変化量  $\Delta G_c$  とを積算して、最終的な予測筒内充填空気量  $G_c$ （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求め、この予測筒内充填空気量  $G_c$  とエンジン回転速度等に応じて燃料噴射量を設定する。

【0065】以上説明した図 2 の各ブロックの機能は、図 10 乃至図 18 の各ルーチンによって実現される。以下、各ルーチンの処理内容を詳細に説明する。

【0066】[メインルーチン] 図 10 のメインルーチンは、イグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行される。本ルーチンが起動されると、まずステップ 100 で、後述する図 11 のスロットル遅延制御ルーチンを実行し、スロットル遅延制御の実行条件が成立していれば、アクセル操作量等に応じて設定した開度指令値  $\phi_{total}$  を所定時間  $T_{dly}$  遅延させるスロットル遅延制御を実行する。この後、ステップ 200 に進み、後述する図 12 の予測筒内充填空気量演算ルーチンを実行し、予測筒内充填空気量  $G_c$ （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を演算する。

【0067】この後、ステップ 300 に進み、基本噴射量演算ルーチン（図示せず）を実行し、予測筒内充填空気量  $G_c$  とエンジン回転速度  $N_e$  に応じてマップ等により基本噴射量  $T_p$  を演算する。この後、ステップ 400 に進み、後述する図 18 の噴射量補正ルーチンを実行し、負荷変動に対する燃料補正係数  $K_{load}$ （加減速補正係数）、空燃比フィードバック補正係数、水温補正係数等の各種の補正係数  $K_c$  を基本噴射量  $T_p$  に乗算して最

最終的な燃料噴射量を求める。

【0068】[スロットル遅延制御ルーチン] 図 11 のスロットル遅延制御ルーチンは、図 10 のメインルーチンのステップ 100 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まず、ステップ 101 で、アクセル操作量（アクセルセンサ 27 の出力）等に応じて、開度指令値  $\phi_{total}$  を設定する。この際、開度指令値  $\phi_{total}$  は、アクセル操作量に応じた要求開度  $\phi_{pedal}$  と、アイドル回転速度制御（ISC）による要求開度  $\phi_{isc}$  等の様々な要求開度を積算して求める。

$$\phi_{total} = \phi_{pedal} + \phi_{isc}$$

【0069】このステップ 101 の処理が特許請求の範囲という開度指令値演算手段としての役割を果たす。

【0070】この後、ステップ 102 に進み、スロットル遅延制御禁止条件が成立しているか否かを判定する。ここで、スロットル遅延制御禁止条件としては、例えば、①始動時又は始動直後の所定時間内であること、②アイドル運転時又はアクセル操作量が小さいこと、③自動変速機がニュートラル状態であること等であり、これらの条件のうちのいずれか 1 つでも該当する条件があれば、スロットル遅延制御禁止条件が成立し、それ以外の場合は、スロットル遅延制御禁止条件が不成立となる。

【0071】始動時や始動直後は、本来的にエンジン回転が不安定であるため、スロットル遅延制御を行うと、エンジン回転変動が更になくなるおそれがある。また、アイドル運転時は、アイドル回転速度制御（ISC）が作動してアイドル回転速度をフィードバック制御するため、スロットル遅延制御を行うと、アイドル回転速度制御がスロットル遅延制御と干渉してアイドル回転が不安定になるおそれがある。また、自動変速機がニュートラル状態のときは、運転者がレーシング（エンジンの空吹き）を行う可能性があるため、ニュートラル状態のときに、スロットル遅延制御を行うと、レーシング実行時にエンジン回転速度の立上がりが遅れて、運転者にアクセル応答性・加速性が悪いと感じさせてしまうおそれがある。

【0072】そこで、本実施形態（1）では、スロットル遅延制御による悪影響が現れる運転状態の時（始動時、始動直後、アイドル運転時、ニュートラル時）にスロットル遅延制御を禁止することで、スロットル遅延制御による悪影響を無くすものである。

【0073】もし、ステップ 102 で、スロットル遅延制御禁止条件が成立していると判定されれば、スロットル遅延制御が禁止され、ステップ 103 に進み、現在（最新）の開度指令値  $\phi_{total}(i)$  を遅延させずにモータ駆動回路 32 に出力する。

【0074】一方、ステップ 102 で、スロットル遅延制御禁止条件が不成立と判定されれば、ステップ 104 以降の処理によって、次のようにしてスロットル遅延制御を実施する。まず、ステップ 104 で、開度指令値  $\phi$

total の遅延時間 Tdly を決定する。この際、遅延時間 Tdly は、図 3 に示すように、燃料噴射量 TAU の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 Tinj から電子スロットルシステムの無駄時間 Tth を差し引いた時間（Tdly = Tinj - Tth）に設定される。但し、燃料噴射量 TAU の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間 Tinj が無駄時間 Tth よりも短くなる場合（Tinj - Tth < 0 の場合）は、遅延時間 Tdly を 0 とする。

【0075】この後、ステップ 105 に進み、遅延時間 Tdly 内のサンプリング数 Cdly を次式により演算する。

$$Cdly = Tdly / Ts$$

ここで、Ts はサンプリング時間である。

【0076】この後、ステップ 106 に進み、現在よりも遅延時間 Tdly 内のサンプリング数 Cdly 前に演算した開度指令値  $\phi_{total}(i - Cdly)$  をモータ駆動回路 32 に出力する。これにより、開度指令値  $\phi_{total}$  の出力タイミングを遅延時間 Tdly だけ遅延させる。これらステップ 102 ~ 106 の処理が特許請求の範囲というディレイ手段としての役割を果たす。

【0077】〔予測筒内充填空気量演算ルーチン〕図 12 の予測筒内充填空気量演算ルーチンは、図 11 のメインルーチンのステップ 200 で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲という予測筒内充填空気量演算手段としての役割を果たす。

【0078】本ルーチンが起動されると、まずステップ 201 で、後述する図 13 の予測吸気圧演算ルーチンを実行し、予測吸気圧 Pm（吸気バルブ閉タイミングの吸気圧）を演算する。この後、ステップ 202 に進み、予測吸気圧 Pm を用いて、次式により予測筒内充填空気量 Gcf(i) を演算する。

$$Gcf(i) = \eta \cdot Vc \cdot Pm / (2 \cdot R \cdot T) \quad [kg / rev]$$

$\eta$  : 体積効率

Vc : シリンダ容積

R : 気体定数

T : 吸気温度

【0079】この後、ステップ 203 に進み、図 11 のステップ 102 と同じ方法で、スロットル遅延制御禁止条件が成立しているか否かを判定する。スロットル遅延制御禁止条件が成立する場合は、スロットル遅延制御を実施せずにステップ 203 からステップ 204 に進み、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量  $\Delta Gc$  を 0 に設定する。

【0080】一方、スロットル遅延制御禁止条件が不成立の場合は、図 11 のスロットル遅延制御ルーチンによってスロットル遅延制御を実施して、ステップ 203 からステップ 205 に進み、予測時間 Tinj 内のサンプリ

ング数 Cp を次式により演算する。

$$Cp = Tinj / Ts$$

ここで、予測時間 Tinj は、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間であり、Ts はサンプリング時間である。

【0081】この後、ステップ 206 に進み、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量 Gcf の予測変化量  $\Delta Gc$  を次式により演算する。

$$\Delta Gc = Gcf(i) - Gcf(i - Cp)$$

ここで、Gcf(i) は、今回の予測筒内充填空気量（つまり吸気バルブ閉タイミングの演算タイミングの予測筒内充填空気量）であり、Gcf(i - Cp) は、現在よりも予測時間 Tinj 内のサンプリング数 Cp 前に演算した筒内充填空気量（つまり燃料噴射量の演算タイミングの筒内充填空気量）である。

【0082】予測変化量  $\Delta Gc$  の演算後、ステップ 207 に進み、ベース筒内充填空気量演算ルーチン（図示せず）を実行し、ベース筒内充填空気量 Gbase を演算する。この際、エアフロメータ 14 の出力の応答遅れを応答遅れ補償要素（位相進み補償要素）により補償し、この応答遅れ補償要素の出力 Gdlay を用いて、次の伝達関数によりベース筒内充填空気量 Gbase を演算する。

$$Gbase = 1 / (1 + \tau_{1u} \cdot s) \cdot Gdlay$$

ここで、 $\tau_{1u}$  は時定数である。上式は、説明を簡略化するために、ベース筒内充填空気量の演算式を連続系で表しているが、電子制御ユニット 25 は、上式を離散化した式を用いてベース筒内充填空気量 Gbase を演算する。

【0083】その後、ステップ 208 に進み、このベース筒内充填空気量 Gbase に、上記ステップ 206 で求めた予測変化量  $\Delta Gc$  を加算して最終的な予測筒内充填空気量 Gc を求める。

$$Gc = Gbase + \Delta Gc$$

【0084】〔予測吸気圧演算ルーチン〕図 13 の予測吸気圧演算ルーチンは、図 12 の予測筒内充填空気量演算ルーチンのステップ 201 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ 211 で、後述する図 14 の予測スロットル通過空気量演算ルーチンを実行し、予測スロットル通過空気量 Gin を演算する。この後、ステップ 212 に進み、後述する図 16 の吸気系モデル時定数演算ルーチンを実行し、吸気系モデルのモデル時定数  $\tau_{1u}$  を演算する。この後、ステップ 213 に進み、スロットル下流吸気通路内の空気量 Qm を次式により演算する。

$$Qm(i) = [Gin(i) - Qm(i-1) / \tau_{1u}] \cdot Ts + Qm(i-1)$$

ここで、Qm(i) は今回のスロットル下流吸気通路内の空気量、Qm(i-1) は前回のスロットル下流吸気通路内の空気量、Ts はサンプリング時間である。

【0085】この後、ステップ 214 に進み、スロット

ル下流吸気通路内の空気量 $Q_m$ から予測吸気圧 $P_m$ を次式により演算する。

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / V_{1M}$$

ここで、 $R$ は気体定数、 $T$ は吸気温度、 $V_{1M}$ はスロットル下流吸気通路の内容積である。

【0086】この後、ステップ215に進み、今回の予測吸気圧 $P_m(i)$ と前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ との平均値を算出することで、予測吸気圧 $P_m$ を平均化する。

$$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$$

【0087】[予測スロットル通過空気量演算ルーチン] 図14の予測スロットル通過空気量演算ルーチン \*

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

$G_{in}$  : スロットル通過空気量[kg/sec]

$\mu$  : 流量係数

$A$  : スロットル開口有効断面積[m<sup>2</sup>]

$P_a$  : 大気圧[Pa]

$P_m$  : 吸気圧[Pa]

$R$  : 気体定数

$T$  : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$  : 吸気圧 $P_m$ と大気圧 $P_a$ の比で決まる物理値

【0090】この際、 $\mu \cdot A$ は、予測スロットル開度 $\theta$   $f$ をパラメータとするテーブルから算出し、 $f(P_m/P_a)$ は、 $P_m/P_a$ をパラメータとする図7のテーブルから算出する。吸気圧 $P_m$ は、前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ が用いられ、大気圧 $P_a$ と吸気温度 $T$ は、それぞれセンサの検出値が用いられる。尚、大気圧 $P_a$ は標準大気圧(固定値)を用いても良い。

【0091】[予測スロットル開度演算ルーチン] 図15の予測スロットル開度演算ルーチンは、図14の予測スロットル通過空気量演算ルーチンのステップ221で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲でいう予測スロットル開度演算としての役割を果たす。

【0092】本ルーチンが起動されると、まずステップ231で、アクセル操作量等に応じて開度指令値 $\phi_{total}$ を設定する。この際、開度指令値 $\phi_{total}$ は、アクセル操作量に応じた要求開度 $\phi_{pedal}$ と、アイドル回転速度制御(ISC)による要求開度 $\phi_{isc}$ 等の様々な要求開度を積算して求める。

$$\phi_{total} = \phi_{pedal} + \phi_{isc}$$

【0093】この後、ステップ232に進み、スロットル開度センサ18で検出した現在のスロットル開度 $\theta$ を読み込んだ後、ステップ233に進み、図4に示す電子スロットルモデルの電子スロットル動特性モデル部と変化量演算部とによって遅延前の開度指令値 $\phi_{total}$ を用

\*は、図13の予測吸気圧演算ルーチンのステップ211で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ221で、後述する図15の予測スロットル開度演算ルーチンを実行し、吸気バルブ閉タイミングの予測スロットル開度 $\theta_f$ を演算する。この後、ステップ222に進み、大気圧 $P_a$ 、吸気温度 $T$ 及び前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ を読み込む。

【0088】この後、ステップ223に進み、予測スロットル通過空気量 $G_{in}$ を次式により演算する。

【0089】

【数4】

いてスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を演算する。この予測変化量 $\Delta\theta$ は、燃料噴射量TAUの演算タイミング(筒内充填空気量の予測タイミング)から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 $T_{inj}$ のスロットル開度の予測変化量である。但し、吸気バルブ閉タイミングまでの時間 $T_{inj}$ が電子スロットルシステムの無駄時間 $T_{th}$ よりも短い場合は、この無駄時間 $T_{th}$ 内のスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ が求められる。

【0094】この後、ステップ234に進み、現在のスロットル開度 $\theta$ に予測変化量 $\Delta\theta$ を加算して予測スロットル開度 $\theta_f$ を求める。

$$\theta_f = \theta + \Delta\theta$$

この予測スロットル開度 $\theta_f$ は、吸気バルブ閉タイミング(又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後)の予測スロットル開度である。

【0095】[吸気系モデル時定数演算ルーチン] 図16の吸気系モデル時定数演算ルーチンは、図13の予測吸気圧演算ルーチンのステップ212で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ241で、後述する図17の体積効率演算ルーチンを実行して、体積効率 $\eta$ を演算する。この後、ステップ242に進み、モデル時定数 $\tau_{1M}$ を次式により演算する。

$$\tau_{1M} = 2 \cdot V_{1M} / (V_c \cdot \eta \cdot N_e / 60)$$

ここで、 $V_{i1}$ はスロットル下流吸気通路の内容積（固定値）、 $V_c$ はシリンダ容積（固定値）、 $N_e$ はエンジン回転速度（rpm）である。

【0096】[体積効率演算ルーチン] 図17の体積効率演算ルーチンは、図16の吸気系モデル時定数演算ルーチンのステップ241で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ151で、前回の吸気圧 $P_m(i-1)$ 、大気圧 $P_a$ 、吸気温度 $T$ 、エンジン回転速度 $N_e$ 、バルブタイミング $VVT$ 、冷却水温 $THW$ を読み込む。この後、ステップ152に進み、 $P_m/P_a$ 、エンジン回転速度 $N_e$ 、バルブタイミング $VVT$ をパラメータとする体積効率マップを検索して、現在のエンジン運転状態に応じた基本体積効率 $\eta_r$ を演算し、この基本体積効率 $\eta_r$ を冷却水温 $THW$ に応じた補正值で補正して体積効率 $\eta$ を求める。

【0097】[噴射量補正ルーチン] 図18の噴射量補正ルーチンは、図10のメインルーチンのステップ400で実行されるサブルーチンであり、基本噴射量演算ルーチン（図示せず）と共に特許請求の範囲という燃料噴射量演算手段としての役割を果たす。

【0098】本ルーチンが起動されると、まずステップ401で、アクセル操作による負荷変動（筒内充填空気量の変動）であるか否かを、例えばアクセル操作量が設定値以上であるか否か、又は、アクセル操作量の変化量が設定値以上であるか否かによって判定する。もし、アクセル操作による負荷変動と判定されれば、ステップ402に進み、負荷変動（筒内充填空気量の変動）に対する燃料補正係数 $K_{load}$ を小さい値 $K1$ に設定する。この理由は、本実施形態（1）の筒内充填空気量の演算方法では、アクセル操作による負荷変動（筒内充填空気量の変動）を精度良く予測することができるため、燃料噴射量に対する補正を少なくすることができるためである。

【0099】一方、アクセル操作による負荷変動でないと判定された場合（例えば自動変速機をニュートラルレンジからドライブレンジにシフトした時や、パワーステアリング、ブレーキ、エアコン等による負荷変動の場合）には、ステップ403に進み、負荷変動に対する燃料補正係数 $K_{load}$ を大きい値 $K2$ に設定する。この理由は、アクセル操作以外の要因による負荷変動は、アクセル操作量からは予測できないため、アクセル操作以外の要因による負荷変動に対しては、燃料噴射量に対する補正を多くすることが望ましいためである。

【0100】以上のようにして、ステップ402又は403で、負荷変動に対する燃料補正係数 $K_{load}$ を決定した後、ステップ404に進み、負荷変動以外の要因に対する各種の燃料補正係数 $K_c$ （例えば空燃比フィードバック補正係数、水温補正係数、学習補正係数等）を演算し、次のステップ405で、基本噴射量 $T_p$ 、燃料補正係数 $K_{load}$ 、 $K_c$ 及び無効噴射時間 $T_v$ を用いて、最終的な燃料噴射量（噴射パルス幅） $TAU$ を次式により演

算する。

$$TAU = T_p \times K_{load} \times K_c + T_v$$

【0101】以上説明した各ルーチンによって演算した予測スロットル開度と予測筒内充填空気量の挙動の一例を図19のタイムチャートに示している。エンジン運転中は、アクセル操作量等に応じて開度指令値 $\phi_{total}$ を設定し、この開度指令値 $\phi_{total}$ の出力タイミングを遅延時間 $T_{dly}$ だけ遅延させる。この際、遅延時間 $T_{dly}$ は、図3に示すように、燃料噴射量 $TAU$ の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 $T_{inj}$ から電子スロットルシステムの無駄時間 $T_{th}$ を差し引いた時間（ $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ）に設定される。但し、燃料噴射量 $TAU$ の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間 $T_{inj}$ が、電子スロットルシステムの無駄時間 $T_{th}$ よりも短くなる場合（ $T_{inj} - T_{th} < 0$ の場合）は、遅延時間 $T_{dly}$ を0とする。

【0102】遅延前の開度指令値 $\phi_{total}$ に基づいて図4の電子スロットルモデルによりスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を演算し、この予測変化量 $\Delta\theta$ を現在のスロットル開度 $\theta$ （スロットル開度センサ18の出力）に加算して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）の予測スロットル開度 $\theta_f$ を求める。そして、この予測スロットル開度 $\theta_f$ を用いて図5の吸気系モデルにより仮の予測筒内充填空気量 $G_{cf}$ を演算し、これを微分・積分処理して吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量 $\Delta G_c$ を演算する。この予測変化量 $\Delta G_c$ をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量 $G_{base}$ に加算して、最終的な予測筒内充填空気量 $G_c$ （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求める。これにより、筒内充填空気量 $G_c$ を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0103】《実施形態（2）》上記実施形態（1）では、ディレイ手段（図2参照）によりスロットル遅延制御を行うようにしたが、図20に示す本発明の実施形態（2）では、ディレイ手段を省いて、スロットル遅延制御を行わず、電子スロットルシステムの無駄時間 $T_{th}$ を利用してスロットル開度を予測する。

【0104】本実施形態（2）では、開度指令値演算手段によってアクセル操作量等に基づいて設定した開度指令値を遅延させずにモータ駆動回路32に出力する。そして、前記実施形態（1）と同様の方法で、電子スロットルモデルによって、開度指令値と現在のスロットル開度（スロットル開度センサ18の出力）とに基づいて吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）のスロットル開度を予測し、吸気系モデル（図5の構成）によって、この予測スロットル開度から仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）までの筒内

充填空気量の予測変化量を演算する。そして、この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量を求める。

【0105】以上説明した本実施形態（2）においても、電子スロットルシステムの無駄時間 $T_{th}$ を利用してスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度から筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0106】《実施形態（3）》上記実施形態（1）、（2）は、本発明を電子スロットルシステム付きのエンジンに適用したものであるが、図21に示す実施形態（3）は、スロットル開度をアクセル操作に機械的に連動させる機械式スロットルシステム付きのエンジンに本発明を適用したものである。

【0107】本実施形態（3）では、アクセル操作量と実スロットル開度とが機械的に連動し、スロットルの応答遅れがないため、開度指令値演算手段、デレイ手段及び電子スロットルモデルが設けられていない。前記実施形態（1）、（2）では、吸気系モデルに予測スロットル開度を入力したが、本実施形態（3）では、現在のスロットル開度（スロットル開度センサ18の出力）を吸気系モデルに入力する。この吸気系モデルの構成は、前記実施形態（1）と実質的に同じであり、現在のスロットル開度から仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して、吸気バルブ閉タイミング（又は所定期間経過後）までの筒内充填空気量の予測変化量を演算する。そして、この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量を求める。

【0108】このようにすれば、機械式スロットルシステムの場合でも、筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0109】《実施形態（4）》前記実施形態（1）、（2）では、図2、図20に示すように、電子スロットルモデルによって、開度指令値と現在のスロットル開度（スロットル開度センサ18の出力）とに基づいて吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）のスロットル開度を予測し、吸気系モデルによって、この予測スロットル開度から仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）までの筒内充填空気量の予測変化量を演算した後、この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量を求めるようにしている。

【0110】これに対して、図22乃至図25に示す本発明の実施形態（4）では、電子スロットルモデルによ

って、開度指令値と現在のスロットル開度（スロットル開度センサ18の出力）とに基づいて吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）のスロットル開度を予測し、吸気系モデルによって、この予測スロットル開度から将来の筒内充填空気量（仮の予測筒内充填空気量）を演算する一方、吸気系モデルによって、現在のスロットル開度（スロットル開度センサ18の出力）に基づいて現在の筒内充填空気量を演算し、将来の筒内充填空気量と現在の筒内充填空気量との偏差（筒内充填空気量の予測変化量に相当）を、ベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して最終的な予測筒内充填空気量を求め、この最終的な予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしている。

【0111】本実施形態（4）でも、図10と同じメインルーチンを実行し、ステップ200で図23の予測筒内充填空気量演算ルーチンを実行する点を除いて、前記実施形態（1）と同じである。

【0112】図23の予測筒内充填空気量演算ルーチンでは、ステップ500で、後述する図24の現在の筒内充填空気量推定ルーチンを実行し、吸気系モデルによって、現在のスロットル開度 $\theta$ （スロットル開度センサ18の出力）に基づいて現在の筒内充填空気量 $G_{est}$ を演算する。

【0113】この後、ステップ600に進み、後述する図25の将来の筒内充填空気量演算ルーチンを実行し、電子スロットルモデルによって、開度指令値と現在のスロットル開度 $\theta$ とに基づいて吸気バルブ閉タイミング

（又は無駄時間 $T_{th}$ 経過後）のスロットル開度 $\theta_f$ を予測し、吸気系モデルによって、この予測スロットル開度 $\theta_f$ から将来の筒内充填空気量 $G_{cf}$ （仮の予測筒内充填空気量）を演算する。

【0114】この後、ステップ600に進み、前記実施形態（1）と同様の方法でベース筒内充填空気量 $G_{base}$ を演算した後、ステップ700に進み、将来の筒内充填空気量 $G_{cf}$ と現在の筒内充填空気量 $G_{est}$ との偏差（筒内充填空気量の予測変化量に相当）をベース筒内充填空気量 $G_{base}$ に加算して、最終的な予測筒内充填空気量 $G_c$ を求める。

$$G_c = G_{base} + (G_{cf} - G_{est})$$

【0115】図24の現在の筒内充填空気量推定ルーチンでは、まずステップ501で、現在のスロットル開度 $\theta$ を読み込み、次のステップ502で、大気圧 $P_a$ 、吸気温度 $T$ 及び吸気圧 $P_m$ を読み込む。この際、吸気圧 $P_m$ は、吸気圧センサ16の検出値を用いたり、或は、後述する図25のステップ601で演算する予測吸気圧の前回値を用いても良い。

【0116】この後、ステップ503に進み、前記実施形態（1）で説明した図14のルーチンと同様の方法で、現在のスロットル通過空気量 $G_{in}$ を演算する。この後、ステップ504に進み、前記実施形態（1）で説明

した図16のルーチンと同様の方法で、吸気系モデルのモデル時定数 $\tau_{im}$ を演算する。

【0117】この後、ステップ505に進み、前記実施形態(1)で説明した図13のステップ213と同様の方法で、スロットル下流吸気通路内の空気量 $Q_m$ を次式により演算する。

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{im}\} \cdot T_s + Q_m(i-1)$$

ここで、 $Q_m(i)$ は今回のスロットル下流吸気通路内の空気量、 $Q_m(i-1)$ は前回のスロットル下流吸気通路内の空気量、 $T_s$ はサンプリング時間である。

【0118】この後、ステップ506に進み、スロットル下流吸気通路内の空気量 $Q_m$ から現在の吸気圧 $P_m$ を次式により演算する。

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / V_{im}$$

ここで、 $R$ は気体定数、 $T$ は吸気温度、 $V_{im}$ はスロットル下流吸気通路の内容積である。

【0119】この後、ステップ507に進み、今回の吸気圧 $P_m(i)$ と前回の吸気圧 $P_m(i-1)$ との平均値を算出することで、吸気圧 $P_m$ を平均化する。

$$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$$

【0120】この後、ステップ508に進み、この吸気圧 $P_m$ を用いて、次式により現在の筒内充填空気量 $G_{est}$ を演算する。

$$G_{est} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T)$$

$\eta$ ：体積効率

$V_c$ ：シリンダ容積

$R$ ：気体定数

$T$ ：吸気温度

【0121】一方、図25の将来の筒内充填空気量演算ルーチンでは、まずステップ601で、前記実施形態(1)で説明した図13の予測吸気圧演算ルーチンと同じ処理によって予測吸気圧 $P_m$ (吸気バルブ閉タイミングの吸気圧)を演算する。この後、ステップ602に進み、予測吸気圧 $P_m$ を用いて、次式により将来の筒内充填空気量 $G_{cf}$ (吸気バルブ閉タイミングの筒内充填空気量)を演算する。

$$G_{cf} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T)$$

【0122】以上説明した本実施形態(4)では、現在のスロットル開度に基づいて現在の筒内充填空気量を推定すると共に、将来のスロットル開度を予測して将来の筒内充填空気量を予測し、前記将来の筒内充填空気量と前記現在の筒内充填空気量との偏差から筒内充填空気量の予測変化量を求めるようにしたので、前記実施形態(1)、(2)よりも筒内充填空気量の予測変化量を精度良く求めることができ、筒内充填空気量の予測精度を向上することができる。

【0123】《実施形態(5)》上記実施形態(1)～(4)では、スロットル開度から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用いたが、本発明の実施形態(5)

では、エアフロメータ14(吸入空気流量検出手段)の出力(吸入空気流量)から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの時定数を、空気量変化が実際よりも早期に現れるように小さい値に設定する。

【0124】本実施形態(5)では、筒内充填空気量を予測する手段を設ける代わりに、吸気系モデルの時定数を小さい値に設定する。このようにすれば、吸気系モデルで演算した筒内充填空気量の変化が実際よりも早期に現れるため、将来の筒内充填空気量を予測するのと同じ効果が得られる。これにより、過渡時の筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態(1)を示すエンジン制御システム全体の概略構成図

【図2】実施形態(1)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

【図3】スロットル遅延制御と予測筒内充填空気量(予測スロットル開度)の演算タイミングを説明するタイムチャート

【図4】電子スロットルモデルを示すブロック線図

【図5】吸気系モデルを示すブロック線図

【図6】 $f(P_m/P_a)$ のテーブルを概念的に示す図(その1)

【図7】 $f(P_m/P_a)$ のテーブルを概念的に示す図(その2)

【図8】高負荷運転時に図6の $f(P_m/P_a)$ のテーブルを用いて演算した予測筒内充填空気量 $G_{cf}$ の挙動を示すグラフ

【図9】高負荷運転時に図7の $f(P_m/P_a)$ のテーブルを用いて演算した予測筒内充填空気量 $G_{cf}$ の挙動を示すグラフ

【図10】メインルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図11】スロットル遅延制御ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図12】筒内充填空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図13】予測吸気圧演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図14】予測吸気圧演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図15】予測スロットル通過空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図16】吸気系モデル時定数演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図17】体積効率演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図18】噴射量補正ルーチンの処理の流れを示すフロ

ーチャート

【図19】実施形態(1)のモデルで演算した加速時の予測スロットル開度と予測筒内充填空気量の挙動の一例を示すタイムチャート

【図20】実施形態(2)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

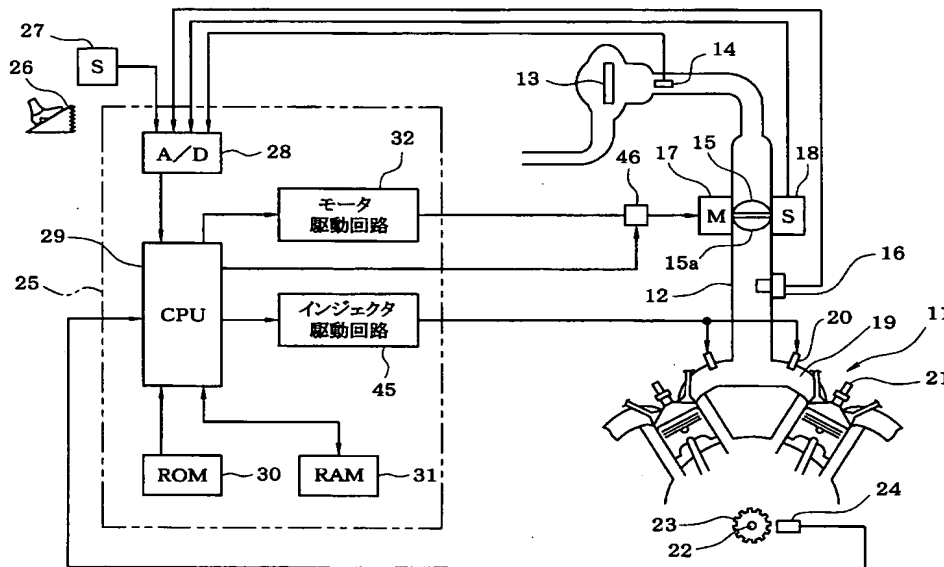
【図21】実施形態(3)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

【図22】実施形態(4)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

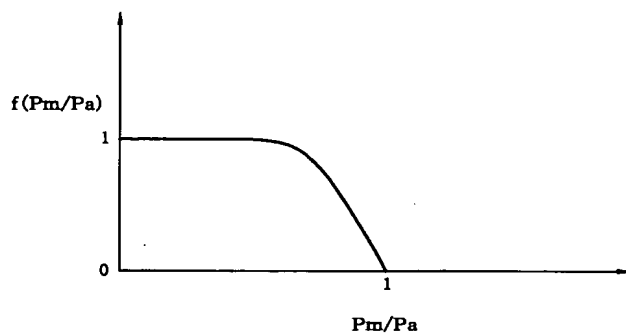
【図23】実施形態(4)の予測筒内充填空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図24】実施形態(4)の現在の筒内充填空気量推定

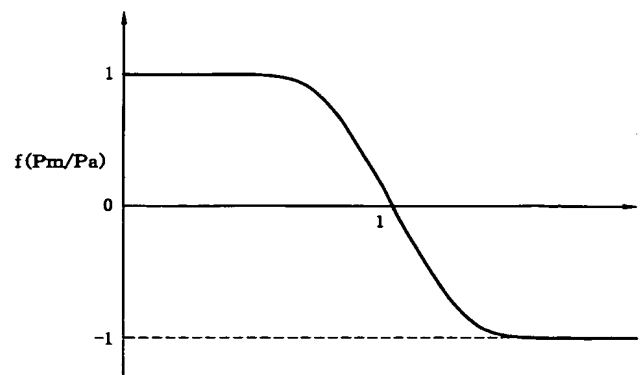
【図1】



【図6】



【図7】



ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

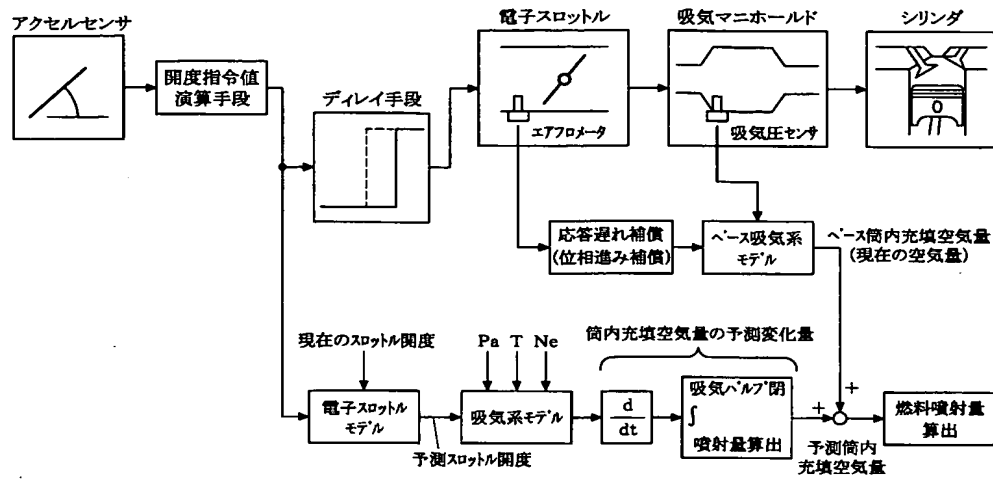
【図25】実施形態(4)の将来の筒内充填空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【符号の説明】

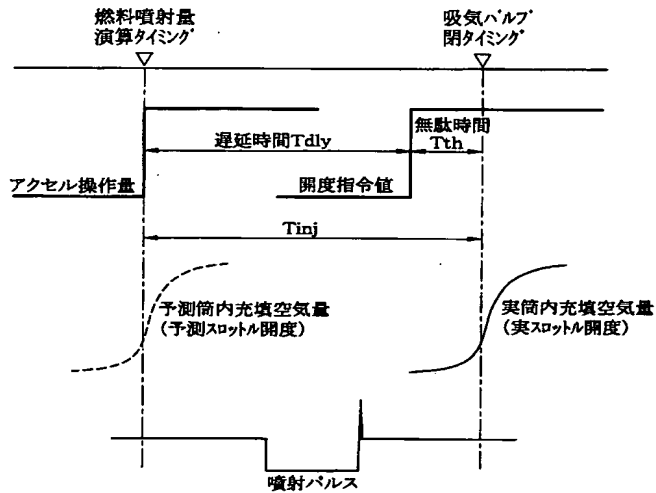
11…エンジン(内燃機関)、12…吸気管、14…エアフローメータ(吸入空気流量検出手段)、15…スロットルバルブ、16…吸気圧センサ、17…モータ(スロットルアクチュエータ)、18…スロットル開度センサ、19…吸気マニホールド、20…燃料噴射弁、25…電子制御ユニット(開度指令値演算手段、デレイ手段、スロットル開度予測手段、筒内充填空気量予測手段、燃料噴射量演算手段)、26…アクセルペダル、27…アクセルセンサ、32…モータ駆動回路。



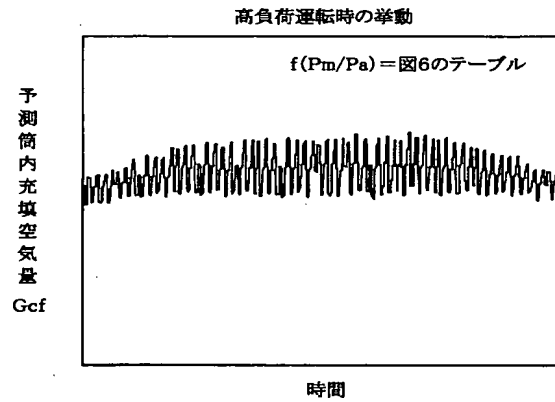
【図2】



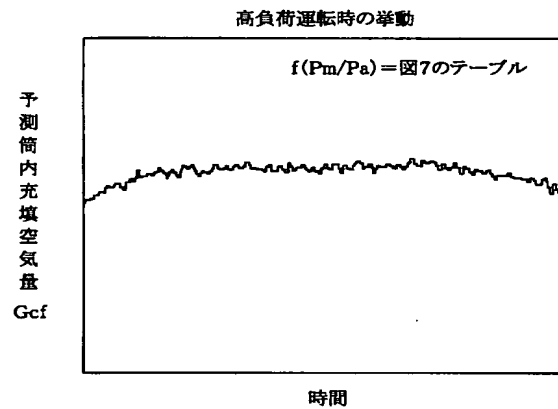
【図3】



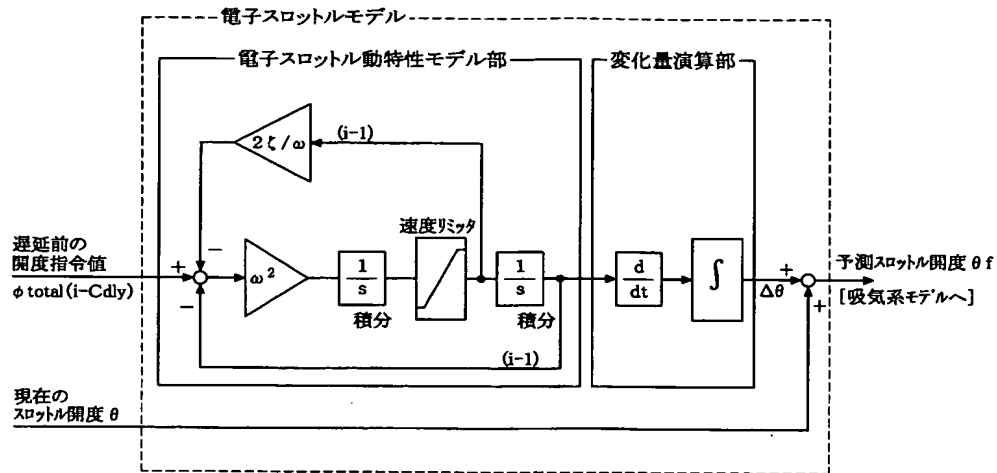
【図8】



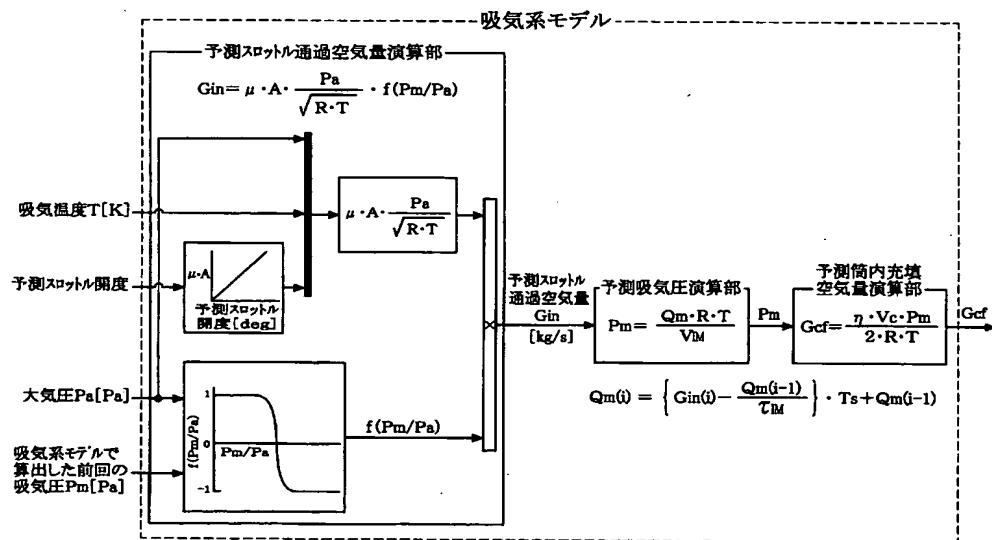
【図9】



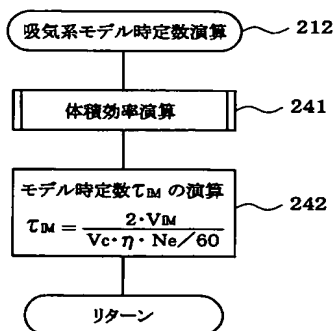
【図 4】



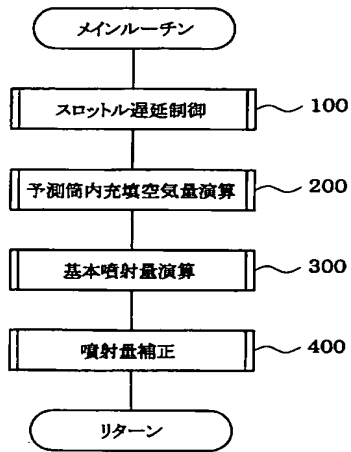
【図 5】



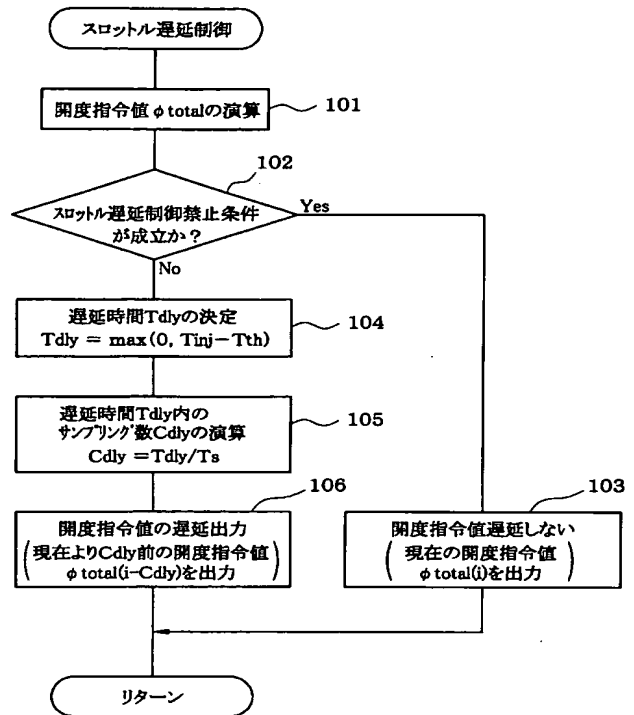
【図 16】



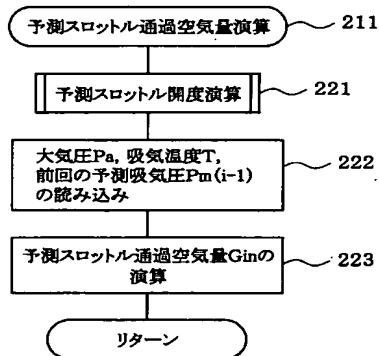
【図 10】



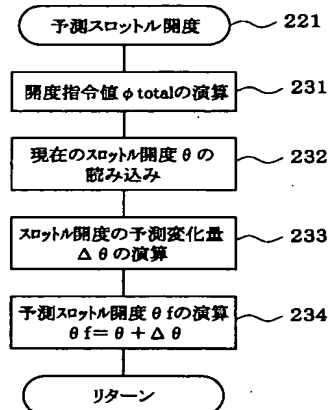
【図 11】



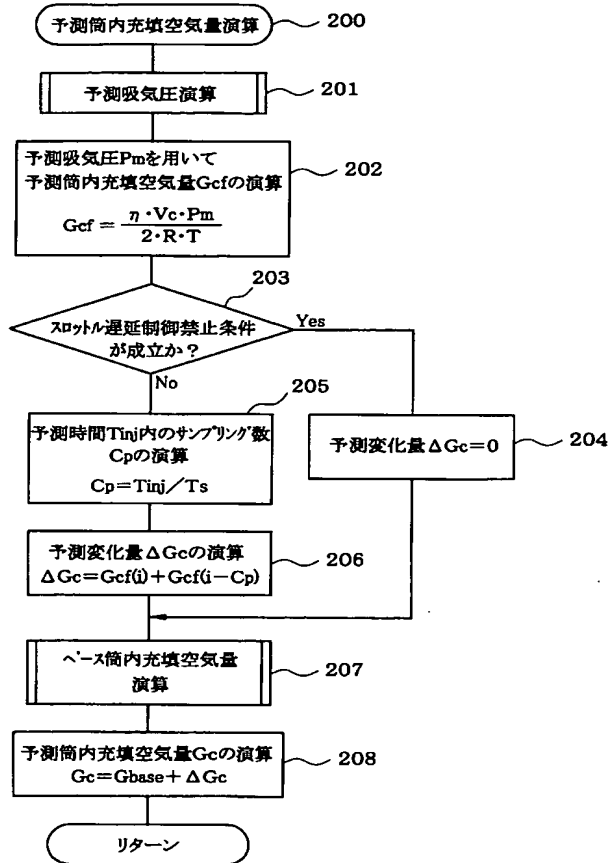
【図 14】



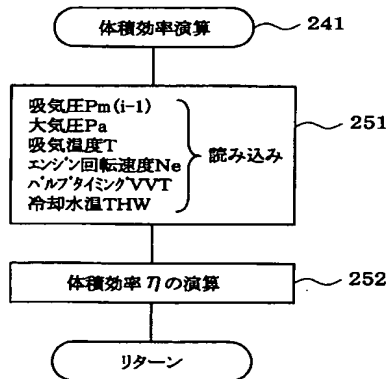
【図 15】



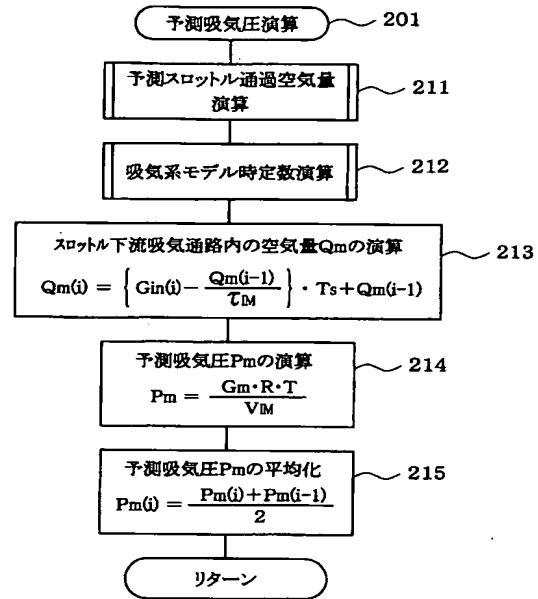
【図 12】



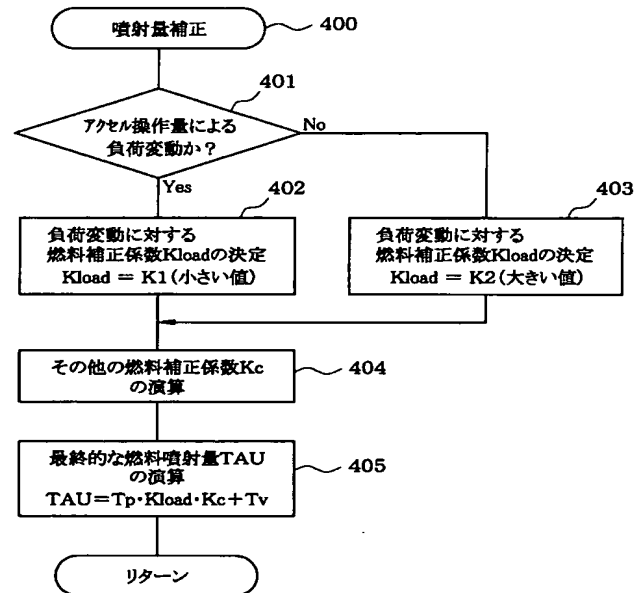
【図 17】



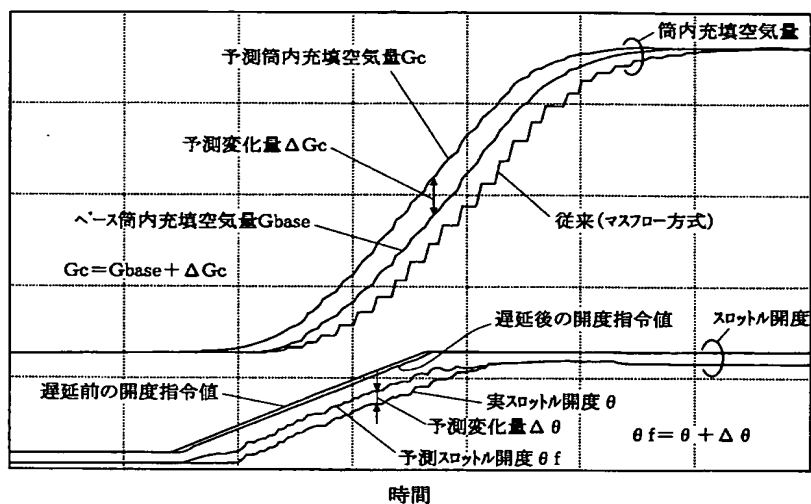
【図 13】



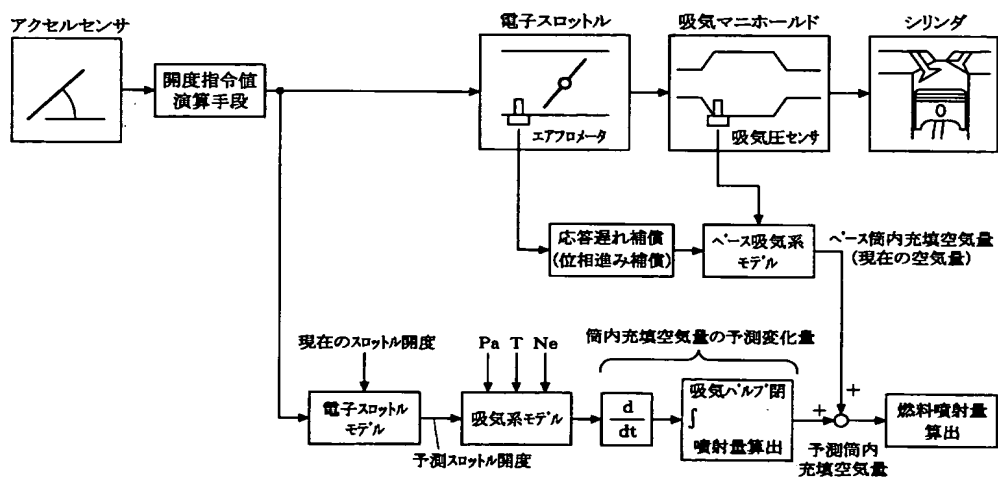
【図 18】



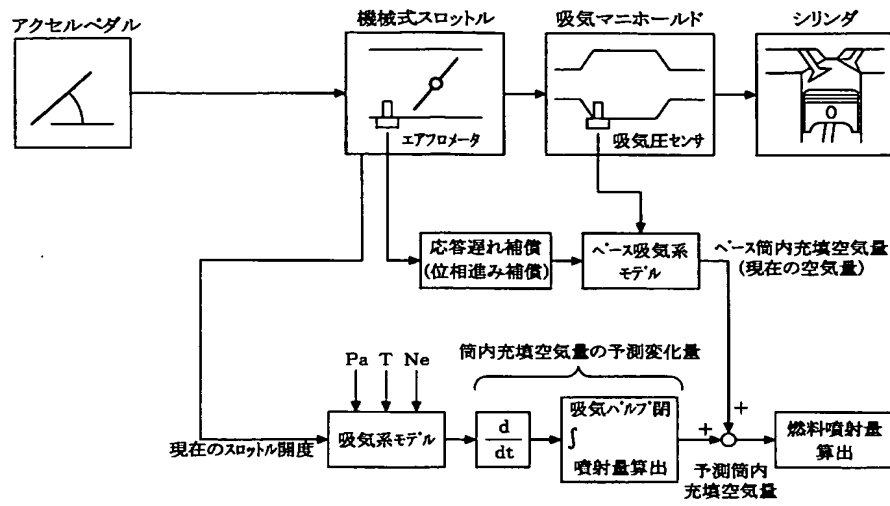
【図19】



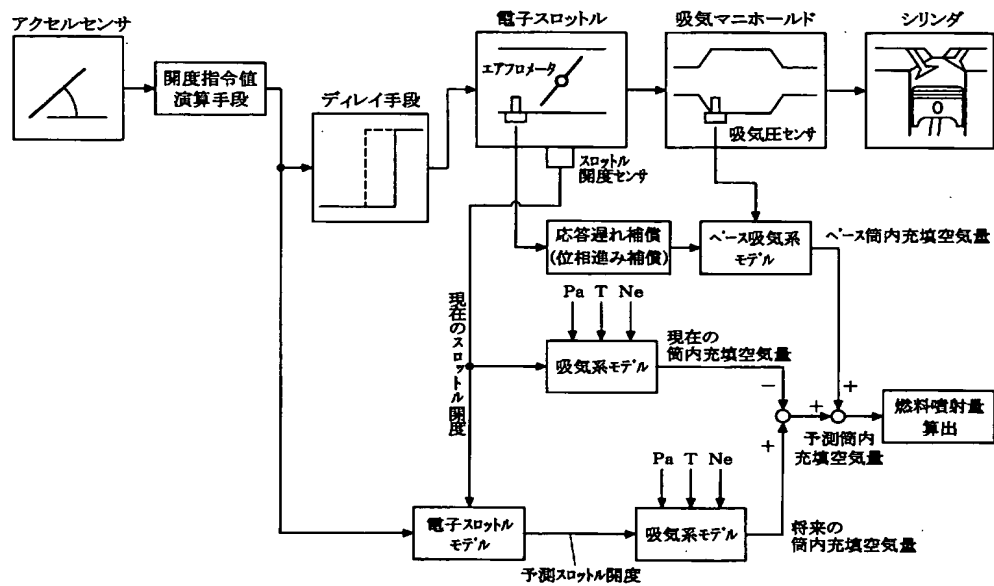
【図20】



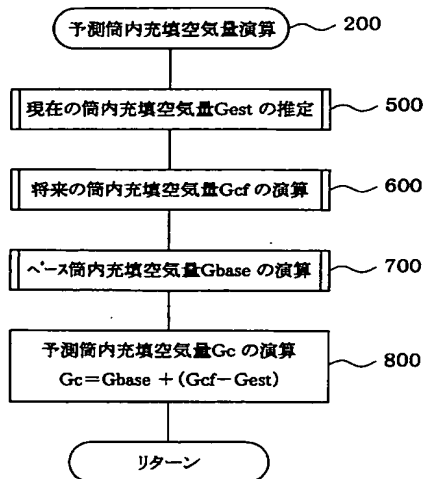
【図 21】



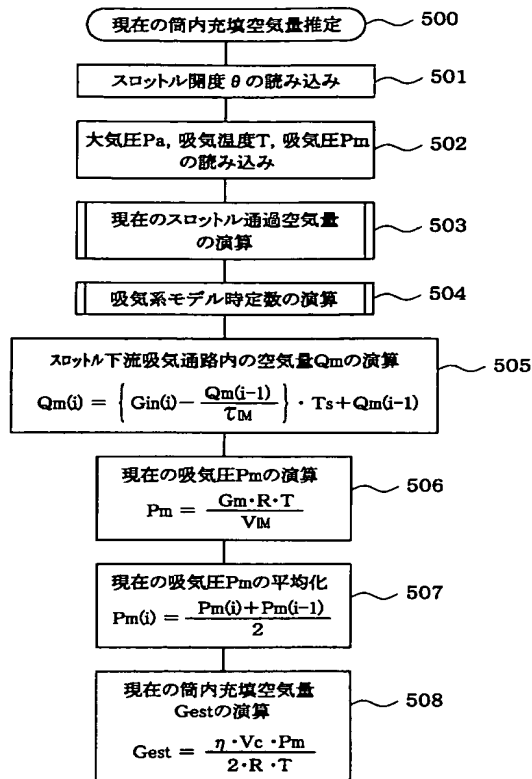
【図 22】



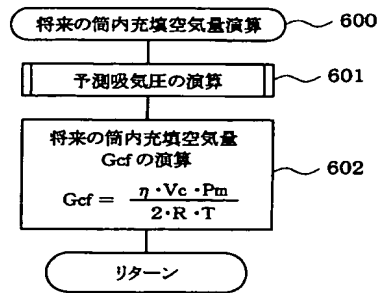
【図 23】



【図 24】



【図 25】




---

フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
F 0 2 D 11/10		F 0 2 D 11/10	F
29/00		29/00	D
41/04	3 0 5	41/04	3 0 5 B
	3 3 0		3 3 0 B
			3 3 0 C
41/06	3 3 0	41/06	3 3 0 B
41/08	3 3 0	41/08	3 3 0 B
43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 H
			3 0 1 K



F ターム(参考) 3G065 CA11 DA05 DA06 DA15 EA04  
EA05 FA04 FA12 GA05 GA10  
GA27 GA46 HA06 HA21 HA22  
JA04 JA09 JA11 KA02  
3G084 BA04 BA09 BA13 BA15 CA01  
CA02 CA03 DA04 EA04 EB02  
EB06 EB12 EB16 EB25 EC01  
EC04 EC07 FA08 FA10 FA11  
FA13 FA26 FA36 FA39  
3G093 AA05 BA14 CA01 CA03 CA04  
DA01 DA03 DA06 DA07 DA09  
EA09 FA02 FA04 FA07 FA11  
FA14  
3G301 HA01 JA03 JA28 JA29 KA01  
KA05 KA07 KA12 LA03 LB02  
LC04 MA01 MA12 NA02 NA07  
NA09 NB06 ND02 ND45 NE22  
PA01Z PA07Z PA11A PA11Z  
PE01Z PE03Z PF03Z